

I. Ueber die Lichtempfindlichkeit der Silberhaloidsalze und den Zusammenhang von optischer und chemischer Lichtabsorption;
von Carl Schultx-Sellack.

Die Haloidverbindungen des Silbers, welche mit so vielen anderen Substanzen die Fähigkeit durch Licht verändert zu werden theilen, sind dadurch ausgezeichnet, daß sie durch Licht photographisch erregt werden, d. h. das Vermögen erhalten, Quecksilberdampf aus der Luft oder entstehendes Silber aus einer sauren Reductionsmischung anzuziehen¹⁾, und zwar gemäß der Intensität der Belichtung. Die Entstehung eines solchen aus Quecksilber- oder Silbertheilchen bestehenden Bildes bezeichnet man als *Entwicklung*. Die photographische Erregung ist anscheinend stets mit der chemischen Veränderung der Substanz verknüpft, sie ist aber nachweisbar, bevor die chemische Zersetzung durch Farbenänderung oder auf andere Weise bemerkbar wird. Mittelst des photographischen Verfahrens läßt sich deshalb die Veränderung der Silberhaloidsalze durch die verschiedenen Farben des Spectrums am besten untersuchen. Man muß dabei voraussetzen, daß die stärkere photographische Erre-

1) Bei Anwendung von neutralen oder alkalischen Silberreductionsmischungen setzen sich die Silbertheilchen auch an die nicht belichteten Theile ab.

2) Es wurde im Folgenden das gebräuchliche Collodiumverfahren angewendet: mit gelösten Haloidsalzen versetztes Collodium auf eine Glasplatte gegossen, die erstarrte Schicht in eine Silberlösung getaucht, und auf der belichteten Platte das Bild durch gesäuerte Eisenvitriollösung entwickelt.

gung der stärkeren chemischen Zersetzung entspricht; da die photographische Erregung ein Maximum hat, von welchem an sie wieder abnimmt, so kann diese Annahme nur bis zum Eintritt der sogenannten »Solarisation« gerechtfertigt seyn. Für die verschiedenen Silberhaloidsalze kann man überdies aus der verschiedenen photographischen Erregung nicht ohne weiteres auf den Grad ihrer chemischen Zersetzung schließen.

Die Frage nach der gesammten chemischen Wirkung der verschiedenen Strahlen des Spectrums kommt hier, wo die verschiedenen Substanzen nur in sehr dünner Schicht¹⁾ angewendet werden können, nicht in Betracht. Diese Frage ist übrigens durch die Versuche von Bunsen und Roscoe auch für die Lichtwirkung auf Chlorknallgas durchaus nicht gelöst worden. Es wird wohl gewöhnlich angenommen, daß die von diesen Forschern gegebene Curve der chemischen Intensität des Spectrums die relativen chemischen Wirkungen angiebt, welche die verschiedenen Farben mit der Intensität, die sie im Sonnenlicht haben, auf Chlorknallgas überhaupt ausüben können. Diefes ist jedoch durchaus nicht der Fall, wenigstens nicht für die schwächer brechbaren Strahlen von Blau an. Während die chemische Intensität des weißen Tageslichtes nach den Untersuchungen von Bunsen und Roscoe durch eine Chlorknallgasschicht von etwa 180^{mm} auf $\frac{1}{10}$ reducirt wird, werden Hellblau und besonders Grün und Gelb des Spectrums durch eine solche Schicht und selbst durch mehrfach so lange Chlorknallgasschichten augenscheinlich wenig geschwächt. Der violette Theil des Spectrums wird also bei den von Bunsen und Roscoe angewendeten Dimensionen des Apparates fast völlig absorbiert, der grüne und gelbe in ganz geringer Menge. Eine chemische Intensitätscurve des Spectrums, welche die Größe der chemischen Wirkung auf Chlorknallgas angiebt, die durch Absorption eines gleichen Bruchtheils der Intensität der verschiedenen Farben entsteht, würde also auf der we-

1) Die Silbersalze in der Collodiumhaut würden als cohärente Schicht eine Dicke von etwa $\frac{1}{1000}$ mm haben.

niger brechbaren Seite des Spectrums ganz anders verlaufen, die Ordinate von D würde vielleicht nicht kleiner seyn als die von G , und die Curve sich mehr an die Wärmeintensitätscurve anschließen.

Ich habe früher angegeben¹⁾, wie sich die Haloidverbindungen des Silbers, Chlor-, Brom-, Jodsilber, geschmolzen als glasklare Massen erhalten lassen; in diesem Zustande werden sie durch Licht nur langsam verändert und sind besonders geeignet zur Untersuchung der optischen Absorption. Die optische Absorption enthält zugleich die chemische Absorption; denn die Strahlen, welche eine chemische Veränderung bewirken, werden, wie zuerst Draper gezeigt hat, absorbirt, und da Lichtstrahlen und chemische Strahlen gleicher Brechbarkeit untrennbar sind, wird auch die Lichtwirkung entsprechend geschwächt. Dagegen könnte man wohl annehmen, daß gewisse Farben optisch stark absorbirt werden, ohne eine chemische Veränderung der Substanz zu bewirken.

Bei den Silberhaloidverbindungen ist dieß nicht der Fall. Alle Farben, welche von diesen Stoffen in der Dicke von einigen Millimetern merklich optisch absorbirt werden, bewirken Zersetzung; die Lichtabsorption ist stets mit chemischer Zersetzung verknüpft. Die Größe der chemischen Zersetzung scheint im allgemeinen annähernd, ist aber durchaus nicht immer der optischen Absorption proportional. Das der Linie G nach F hin benachbarte Licht des Spectrums wird von Jodsilber optisch schwach absorbirt, und wirkt photographisch am intensivsten; das der Linie G nach H hin benachbarte Licht wird von Jodsilber optisch am stärksten absorbirt, wirkt aber photographisch weniger stark. Der kleine absorbirte Bruchtheil des Lichtes zwischen G und $\frac{1}{8}GF$ hat also dieselbe chemische Wirkung wie das fast völlig absorbirte Licht zwischen G und $\frac{1}{4}GH$. Vorausgesetzt, daß die mittlere Intensität des Lichtes auf beiden Seiten zunächst G nicht sehr verschieden ist, kann man aus dem Vorangehenden schließen: daß im allgemeinen nur ein

1) Pogg. Ann. Bd. 139, S. 182.

Theil der lebendigen Kraft des absorbirten Lichtes in Chemismus umgesetzt wird, und dafs dieser in Chemismus umgesetzte Bruchtheil des absorbirten Lichtes von der Wellenlänge abhängig ist.

Die photographische Erregung findet bekanntlich nur bei grofser Lichtintensität momentan statt, bei kleinerer Lichtintensität beginnt sie erst nach längerer Zeit. Ein Gegenstand, dessen Theile verschieden hell sind, liefert deshalb bei verschiedenen langen Expositionszeiten nicht etwa ähnliche, gleichmäfsig intensivere Bilder, sondern bei kurzer Expositionszeit haben die weniger hellen Theile noch gar nicht gewirkt, erst bei längerer Expositionszeit tritt eine Wirkung derselben hervor. Diese Erscheinung wird in der Praxis als »Unterexposition« bezeichnet; sie erschwert die Herstellung sogenannter Augenblicksbilder und bedingt deren Mangelhaftigkeit. Die relative photographische Wirkung verschiedener Lichtintensitäten ist überdies auch noch von der absoluten Intensität abhängig. Die Empfindlichkeit der Silbersalze für die verschiedenen Farben des Spectrums ist außerordentlich verschieden; es werden deshalb nach den Versuchen von Müller¹⁾ je nach der Belichtungszeit, mit derselben empfindlichen Platte verschieden ausgedehnte Bilder des Sonnenspectrums erhalten.

Die folgenden Versuche wurden angestellt um zu ermitteln: 1) für welche Farben des Spectrums die Empfindlichkeit zu constatiren ist bei möglichst langer Exposition, 2) das Verhältnifs der quantitativen Wirkung der verschiedenen Farben für die verschiedenen Silberhaloidsalze, wenn dieselben in annähernd gleich dicker Schicht unter gleichen Umständen belichtet werden. Die Vergleichung der quantitativen Wirkung auf verschiedenen Platten, d. h. der Menge Silberpulver, welche von den während gleicher Zeiten belichteten Schichten angezogen wird, ist immer nur annähernd, da die Beschaffenheit der Collodiumhaut, innerhalb deren durch Diffusion der wässrigen Silberlösung das Silberhaloidsalz sich bildet, und die Dauer des Entwick-

1) Pogg. Ann. Bd. 109, S. 151.

lungsprocesses nicht immer völlig übereinstimmend herzustellen sind.

Es wurde ein Spectralapparat mit Glasprisma angewendet, dessen Fernrohr ein Bild des Spectrums auf der empfindlichen Platte entwarf; der Spalt war möglichst fein. Die ultravioletten Strahlen waren schwach und nur bis *O* überhaupt wahrnehmbar. Für das Ultraviolett sind alle drei Silberhaloidsalze in ziemlich hohem Grade empfindlich, es handelt sich deshalb hauptsächlich um die Unterschiede der Wirkung des sichtbaren Theils des Spectrums. Die in der Fig. 1 Taf. III gegebenen Abbildungen der verschiedenen Spectrumphotographien geben ungefähr die Intensität der Wirkung der verschiedenen Farben an bei langer Expositionszeit (bis 20 Min.). Da aber beim Jodbromsilber z. B. das Violett solarisirt ist, d. h. in seiner photographischen Wirkung wieder geschwächt ist, wenn die Linie *E* eben erst zu wirken anfängt, so kann man die Wirkung auf Jodbromsilber eigentlich gar nicht durch ein einziges Bild veranschaulichen.

Die Jodsilbercollodiumschicht ist empfindlich von Ultraviolett bis $\frac{1}{5}GF^1$; die *G* zunächst nach *F* hin liegenden Strahlen sind besonders stark wirksam. Das Bild dehnt sich nach *F* hin, auch bei sehr langer Exposition, nicht weiter aus; es zeigt aber alsdann der Theil des Spectrums von *G* bis über *H* hinaus die als »Solarisation« bezeichnete Verminderung der photographischen Wirkung.

Die photographische Erregbarkeit der Jodsilberschicht ist qualitativ gleich, mag dieselbe mit einem Ueberschuss von salpetersaurem Silber oder von Jodkalium behandelt worden seyn. In letzterem Falle muß die Jodkaliumlösung rein von freiem Jod seyn und vor dem Exponiren durch Wasser abgewaschen werden. Der Grad der Erregbarkeit einer solchen mit Jodkaliumlösung behandelten Jodsilberschicht ist aber bedeutend geringer, so daß die zehn- bis

1) Diese Bezeichnung bezieht sich auf den Punkt des Spectrums, welcher um den Bruchtheil des Abstandes beider Linien von der erstgenannten entfernt ist.

zwanzigfache Expositionszeit erforderlich ist, um ein gleich intensives Bild zu erhalten, wie bei der mit überschüssiger Silberlösung behandelten Schicht. Durch die Gegenwart von sogenannten *Sensibilisatoren* (Jodabsorbenten) wird diese geringe Empfindlichkeit nicht vermehrt; die Silberlösung scheint also eine eigenthümliche Wirkung auszuüben. Eine *trockene photographische Platte*, für deren Wirksamkeit die Gegenwart von Sensibilisatoren erforderlich ist, verhält sich in ihrer qualitativen Erregbarkeit durch das Spectrum ganz wie eine nasse Platte.

Die empfindliche Jodsilbercollodiumschicht, im reflectirten Licht gelblich weiß, ist in der Durchsicht als trübes Mittel röthlich gelb, und absorhirt optisch stark bis zum Grün; eine dünne optisch ziemlich homogene Schicht Jodsilber wird durch Jodiren eines Glassilberspiegels erhalten. Solche Schichten von $\frac{1}{4}$ bis $\frac{3}{4}$ D-Wellenlänge Dicke erscheinen schwach schwefelgelb gefärbt, und zeigen im Spectroskop eine Absorptionsbande von G bis $\frac{1}{3}GH$, von da an bis zum sichtbaren Ende des Spectrums eine bedeutende Schwächung des Lichtes; bei wenig größerer Dicke wird alles Licht über G hinaus vollständig absorhirt. Das Licht von G bis $\frac{1}{8}GF$ dagegen, welches Jodsilbercollodium *photographisch stark erregt*, wird nur *wenig absorhirt*. Photographirt man also einen Gegenstand auf Jodsilbercollodium und bringt vor der Linse der Camera eine solche dünne Jodsilber-schicht an, so ist das annähernd homogene Licht G bis $\frac{1}{8}GF$ allein wirksam. Ich habe auf diese Weise Newton'sche Ringe, zwischen einer Planfläche und einer Convexlinse erzeugt, sehr scharf und bis zum 70. deutlich erkennbar photographirt. Zwar werden, wie schon Crookes¹⁾ gezeigt hat, durch Photographie auf Jodsilber von Interferenzringen eine bedeutend größere Zahl sichtbar, als das Auge im weißen Licht unterscheidet, doch sind ohne das genannte Hilfsmittel die Unterschiede der Maxima und Minima sehr gering.

Das Jodsilber erstarrt geschmolzen zu einer glasklaren Masse, welche aber beim Erkalten meist rissig und trübe

1) *Phil. Mag.* [4] 6. 73.

wird und nur an einzelnen Stellen durchsichtig bleibt; die Farbe ist bei 2^{mm} Dicke kaum dunkler als die der dünnen Schichten von etwa 0^{mm},001. Die Absorption dieser Schicht ist bis $\frac{1}{8}GF$ bemerkbar, übereinstimmend mit der Gränze der photographischen Erregbarkeit. Für Violett von G an hat also Jodsilber einen außerordentlich grossen Absorptionscoëfficienten, und zugleich eine grosse photographische Erregbarkeit.

Die Bromsilbercollodiumschicht ist erregbar bis $\frac{1}{8}GF$, bei sehr langer Exposition bis nahe F . Die Erregbarkeit ist sehr viel geringer, vielleicht auf ein Zehntel von der des Jodsilbers zu schätzen; die Erscheinung der Solarisation trat, wenigstens bei der angewendeten Intensität, gar nicht ein.

Die Bromsilbercollodiumschicht erscheint bei gleichem Gehalt an Silbersalz viel weniger gefärbt als Jodsilbercollodium; in der Durchsicht ist sie mit schwach gelblicher Farbe durchsichtig, im reflectirten Lichte schön blau. Geschmolzenes Bromsilber ist hell bernsteingelb, in dickerer Schicht bedeutend intensiver gefärbt als Jodsilber; eine Schicht von 0^{mm},5 Dicke absorbirt das Licht jenseit G vollständig, eine dickere Schicht absorbirt bis gegen F hin. Das Bromsilber hat also einen sehr viel kleineren Absorptionscoëfficienten für Violett als das Jodsilber und zugleich eine viel schwächere photographische Erregbarkeit.

Die Chlorsilbercollodiumschicht wird vorzugsweise nur von Ultraviolett erregt, bei langer Exposition schwach bis $\frac{1}{3}HG$. Die Erregbarkeit ist noch schwächer als die des Bromsilbers.

Die Chlorsilbercollodiumschicht ist noch weniger gefärbt als das Bromsilbercollodium. Chlorsilber geschmolzen erscheint völlig farblos; in dünnen Schichten läßt es das ganze sichtbare Spectrum bis über H fast ungeschwächt hindurch, eine Schicht von 5^{mm} Dicke absorbirt aber deutlich bis $\frac{1}{2}HG$. Die schwache Lichtabsorption des Chlorsilbers trifft also mit schwacher photographischer Erregbarkeit zusammen.

Eigenthümlich verhalten sich die Mischungen von Jod-

und Bromsilber und Jod- und Chlorsilber, welche seit langer Zeit in der praktischen Photographie angewendet werden. Schon Draper ¹⁾ hat mittelst des Daguerre'schen Processes gezeigt, daß Jodbromsilber bis *E* photographisch erregbar ist. Durch sehr langes Belichten einer Jodbromsilbercollodiumschicht erhält man ein deutliches Bild von der Linie *E* und von einigen noch weiter nach *D* hin liegenden Linien; das Violett von *G* an ist alsdann, bei überwiegendem Jodgehalt, solarisirt und erscheint viel schwächer als Blau und Grün, während bei kürzerer Exposition das Violett bedeutend überwiegt. Reines Bromcollodium, welches für Grün durchaus keine Empfindlichkeit zeigt, erhält dieselbe durch einen äußerst geringen Zusatz von Jod; schon $\frac{1}{100}$ Jod läßt im Spectrum die Linie *F* deutlich erscheinen. Wenn man deshalb in einem gewöhnlichen photographischen Silberbade, welches Jodsilber gelöst enthält, eine Platte von reinem Bromcollodium badet, so erhält man stets das Bromjodsilberspectrum. Durch einen geringen Zusatz von Bromcollodium zu Jodcollodium tritt das Grün, bei gleicher Belichtungszeit, viel schwächer auf; am empfindlichsten für Grün scheint also die Schicht bei überwiegendem Bromgehalt zu seyn.

Das durch Schmelzen erhaltene Gemisch von Jod- und Bromsilber ist rothgelb gefärbt und absorbirt schon in dünnen Schichten das Licht bis über *F* hinaus vollständig. Auch das gefällte Jodbromsilber zeigt eine intensiv gelbe Färbung, während reines gefälltes Jodsilber und Bromsilber nur schwach gelblich gefärbt sind. Es fällt also auch bei der Mischung die Absorption mit der Gränze der photographischen Erregbarkeit zusammen.

Aehnlich verhält sich eine Jodchlorsilbercollodiumschicht; eine Bromchlorsilbercollodiumschicht zeigt nur die Empfindlichkeit von Bromsilber. Die Gegenwart von Fluorsilber im Silberbade habe ich ganz ohne Einfluß gefunden.

Bei den Haloidverbindungen des Silbers ist also die Lichtabsorption stets mit chemischer Zersetzung verknüpft,

1) *Phil. Mag.* [3] 26, 465,

Dieser Satz gilt auch für die ultrarothten Wärmestrahlen, welche keine merkliche chemische Wirkung ausüben und welche, wie ich früher gezeigt habe, auch nur eine sehr geringe Absorption durch die Silberhaloidsalze erfahren.

Bei hoher Temperatur färben sich die Silberhaloidsalze bedeutend dunkler, Brom- und Jodsilber tief schwarzbraun; es ist, wenn der aufgestellte Satz auch für höhere Temperaturen gilt, anzunehmen, daß alsdann auch die photographische Erregbarkeit sich bis in das Roth des Spectrums ausdehnt. Das Daguerre'sche Verfahren, welches anscheinend ganz dieselben Resultate wie das Collodiumverfahren liefert, wäre vielleicht auch bei höherer Temperatur anwendbar und zur Entscheidung dieser Frage geeignet.

Dieser Zusammenhang zwischen Lichtabsorption und chemischer Zersetzung findet wahrscheinlich bei allen lichtempfindlichen Substanzen statt; die Bezeichnung »chemische Strahlen« für die stärker brechbaren Strahlen des Spectrums hätte alsdann nur die Bedeutung, daß die bekannten lichtempfindlichen Substanzen vorzugsweise diese Strahlen absorbiren. Auf die Reciprocität des chemisch wirksamen und des durchgehenden Lichtes hat schon Herschel aufmerksam gemacht nach Versuchen über das Bleichen von vegetabilischen Farbstoffen, und Draper ¹⁾ nach Versuchen über die Zersetzung des oxalsauren Eisenoxyds.

Die directe Untersuchung der chemischen Wirkung des Spectrums auf die Silberhaloidsalze durch Beobachtung der Färbung ist bei Anwendung eines reinen Spectrums nur bei intensiver Sommersonne möglich. Die älteren Angaben Herschel's und Anderer über die Wirkung des Spectrums auf Jod- und Bromsilber sind wenig zuverlässig, da bei denselben kein homogenes Spectrum angewendet wurde. Die Färbung des Chlorsilbers findet nach Becquerel ²⁾ vorzugsweise im Ultraviolett statt und setzt sich schwach bis gegen *G* fort. Unter einer 5^{mm} dicken Schicht von geschmolzenem Chlorsilber wird empfindliches Chlorsilberpa-

1) *Phil. Mag.* [3] 26, 470.

2) *Ann. chim. phys.* [3] 22, 451.

pier auch bei langer Belichtung äußerst wenig gefärbt. Die Schwärzung des Chlorsilbers findet also nur innerhalb der Grenzen der photographischen Erregung statt; wahrscheinlich ist dies auch für die übrigen Silberhaloidsalze der Fall.

Die wichtigsten Resultate der Untersuchung sind:

1. Die Curve der chemischen Intensität des Spectrums für Chlorknallgas, welche die relative chemische Wirkung angiebt, die die verschiedenen Farben bei vollständiger Absorption ausüben, verläuft anders als die Curve, welche die Beobachtungen von Bunsen und Roscoe direct wiedergiebt, und schließt sich wahrscheinlich mehr der Wärmeintensitätscurve an.

2. Die Lichtempfindlichkeit, durch die photographische Erregung bestimmt, erstreckt sich beim Chlorsilber vom Ultraviolett bis $\frac{2}{3}HG$, beim Jodsilber bis $\frac{1}{2}GF$, beim Bromsilber bis $\frac{1}{2}GF$, beim Jodbromsilber und Jodchlorsilber bis über E hinaus.

3. Die Dunkelfärbung der dem Spectrum ausgesetzten Silberhaloidsalze findet beim Chlorsilber innerhalb der Ausdehnung der photographischen Erregbarkeit statt; wahrscheinlich auch bei den übrigen Haloidsalzen.

4. Bei den Silberhaloidsalzen ist die Lichtabsorption stets mit chemischer Zersetzung verknüpft. Eine merkliche Lichtabsorption üben die Silberhaloidsalze auf das Spectrum nur innerhalb der angegebenen Grenzen der photographischen Erregbarkeit aus.

5. Es wird nur ein kleiner Theil des absorbirten Lichtes in Chemismus umgesetzt; dieser Bruchtheil ist für verschiedene Farben verschieden, ist aber (nach 2) niemals Null.

6. Eine dünne Jodsilberschicht absorbirt das Licht, welches brechbarer ist als G , sehr stark, das Licht zwischen G und $\frac{1}{2}GF$ nur schwach, das letztere ist aber photographisch stark wirksam. Beim Photographiren auf Jodsilber wirkt deshalb die Einschaltung einer dünnen Jodsilberschicht

wie
G bis
7
haloi
keit

8
des S
deute
vorzu

II.
schie

Auf
der
Beha
die g
dig h
vertic
dünn
schen
beim
niede
nach
Beha
schen
kurze

E
sich
extra
platte

1) V

wie die Beleuchtung mit dem annähernd homogenen Licht G bis $\frac{1}{2}GF$.

7. Bei höherer Temperatur wird die Färbung der Silberhaloidsalze tief braun, es erstreckt sich die Lichtempfindlichkeit alsdann wahrscheinlich bis in das Roth des Spectrums.

8. Die Bezeichnung der stärker brechbaren Strahlen des Spectrums als *chemische Strahlen* hat nur insofern Bedeutung, als die bekannten lichtempfindlichen Substanzen vorzugsweise gerade diese Strahlen absorbiren.

II. Oberflächenreinheit von Eiweiß- und Tanninschichten, und Anwendung in der Photographie; von Carl Schultx-Sellack.

Auf der Oberfläche von Glas, welches längere Zeit an der Luft gelegen hat, schlägt sich der Wasserdampf beim Behauchen bekanntlich in Tröpfchen nieder, wenn aber die gereinigte Oberfläche des Glases von Wasser vollständig benetzt worden ist, so wird beim Eintrocknen auf der vertical gestellten Platte die Wasserschicht gleichmäfsig dünner, so dafs sie vor dem Verschwinden die Newton'schen Farben zeigt. Die getrocknete Platte schlägt aber beim Behauchen den Wasserdampf wieder in Tröpfchen nieder. Ein frisch gespaltenes Glimmerblatt condensirt, nach Haidinger's Beobachtung¹⁾, den Wasserdampf beim Behauchen als cohärente Schicht, welche die Newton'schen Farben zeigt, verliert aber diese Eigenschaft nach kurzer Zeit.

Ebenso wie eine vollkommen reine Oberfläche verhält sich die Schicht von Eiweifs, Gummi, Tannin oder Pflanzenextracten, welche man durch Eintrocknen der auf eine Glasplatte gegossenen Lösung dieser Stoffe erhält; eine solche

1) Wien, Akad. Ber. VIII. 246. (1852).

Schicht bewahrt die Eigenschaft der vollkommenen Benetzbarkeit auch beim Aufbewahren. Die Newton'schen Ringe erscheinen beim Behauchen auf einer mit Eiweißlösung (frisches Eiweiß in 20 bis 30 Theilen Wasser) überzogenen Glasplatte so schön und regelmäfsig, dafs der Versuch sich gut für Vorlesungen eignet. Vielleicht bedingt nur die Löslichkeit der genannten Stoffe in Wasser und der amorphe Zustand die Erscheinung.

In der Photographie werden die mit Eiweiß überzogenen Glasplatten statt gereinigter Glasplatten angewendet. Ebenso wird in der Photographie ein Ueberzug von Eiweiß, Gummi oder Tannin angewendet, um die getrocknete empfindliche Collodiumschicht brauchbar zu erhalten, zur Präparation der sogenannten *Trockenplatten*. Wenn man eine mit Wasser gewaschene empfindliche Jodsilbercollodiumschicht eintrocknen läßt, so setzt sich beim photographischen Entwicklungsproceß das Silberpulver nicht nur an die belichteten Stellen an, sondern auch an andere Stellen, wo sich »Unreinigkeiten« auf die trockne Platte abgesetzt haben. So lange die Schicht feucht bleibt, wozu man einen Ueberzug von zerfließlichen Salzen anwenden kann¹⁾, bleibt sie empfindlich. Durch Ueberziehen mit Eiweiß, Gummi, Tannin und ähnlichen Stoffen, welche man als *Sensibilisatoren* bezeichnet hat, bleibt die Schicht auch nach dem Trocknen für den photographischen Proceß brauchbar. Diese Ueberzüge wirken jedenfalls nicht sowohl chemisch als Jodabsorbenten, wie Hr. Vogel²⁾ angenommen hat, sondern vielmehr dadurch, dafs sie die Oberfläche rein erhalten, und vielleicht zugleich noch durch ihre hygroskopischen Eigenschaften.

1) Spiller u. Crookes, *Phil. Mag.* [4] 7. 349.

2) Pogg. Ann. Bd. 125, S. 329.

III.

Die
entde
an ti
jema
wohl
nähe
halter
über
führe

N
trägt
glets
Ders
funde
a) gr
sonde

U
geher
den
welch

1)

Von
rami
eine
Kant

2)

1) E
2) M

III. Studien über die Färbung der Rauchquarze oder sogenannten Rauchtöpfe; von Prof. Dr. A. Forster.

Die im August 1868 am Tiefengletscher, im Canton Uri, entdeckte Krystallhöhle bildet wohl den großartigsten Fund an tiefschwarzen Bergkrystallen, sogenannte Morionen, der jemals gemacht worden ist. Aus diesem Grunde wird es wohl manche der Leser dieser Zeitschrift interessiren, einige nähere Angaben über die dort gefundenen Krystalle zu erhalten ¹⁾. Ehe ich daher zur Besprechung meiner Versuche übergehe möge es mir gestattet seyn das folgende anzuführen.

Nach den Berechnungen von E. v. Fellenberg ²⁾ beträgt das Gewicht der in der Krystallhöhle des Tiefengletschers gefundenen schwarzen Krystalle 300 Centner. Derselbe Hr. Fellenberg hat die merkwürdigsten der gefundenen Krystalle untersucht und für jeden festgestellt: a) größte Länge, b) größten Umfang, c) Gewicht, d) besondere Bemerkungen.

Um lange Umschreibungen der einzelnen Stücke zu umgehen, hatte Hr. v. Fellenberg, den originellen Gedanken, den einzelnen Krystallen besondere Namen zu geben, unter welchen ich dieselben hier anführen will.

- 1) *Der Großvater.* Länge: 69 Centimeter
Umfang: 122 "
Gewicht: 267 Pfund (à 500 Grm.).

Von ausgezeichnet schwarzer Farbe, spiegelglänzende Pyramidenflächen, je drei alternirende Flächen vorherrschend, eine einzelne Pyramidenfläche durch alten Bruch verletzt. Kanten des Prismas sehr wohl erhalten.

- 2) *Der König.* Länge: 87 Centim.
Umfang: 100 "
Gewicht: 255 Pfund.

1) Eine kurze Notiz darüber findet sich schon in d. Ann. Bd. 136, S. 637. P.

2) Mittheilungen der Berner Naturf. Gesellschaft 1868, S. 153.

Dieses ist der schönste, best erhaltene und in Bezug auf seine Länge, die Gleichwerthigkeit der prismatischen Flächen, die unverletzte Pyramide, die spiegelnden Flächen, kurz in Bezug auf ästhetische Vollkommenheit und kohlrabenschwarze Farbe nicht nur der vollkommenste Krystall dieses Fundes, sondern wohl bis jetzt ohne seines Gleichen.

3. *Carl der Dicke*. Länge: 68 Centm.

Umfang: 110 "

Gewicht: 210 Pfd.

Pyramidenflächen dunkel braunschwarz, scharfkantig in Ecken und Kanten. Prisma etwas heller. Trägt einen kleinen, am Prisma angewachsenen Zwillings.

4) *Der große Zweispitz*. Länge: 82 Centm.

Umfang: 71 "

Gewicht: 134 Pfd.

Dieses ist wohl das merkwürdigste Exemplar des ganzen Fundes, indem beide Pyramiden ausgebildet sind. Das Prisma ist vollkommen, zeigt nirgends eine Stelle, wo der Krystall könnte aufgewachsen gewesen seyn.

5) und 6). *Castor und Pollux*.

Länge: 72 Centm. resp. 71 Centm.

Umfang: 84 " " 77 "

Gewicht: 130 Pfd. resp. 125 Pfd.

Beide Krystalle sind fehlerfrei, von kohlschwarzer Farbe, herrlich spiegelnden Flächen, haarscharfen Kanten und beinahe gleichwerthigen Prismen.

Die Anführung dieser sechs Krystalle wird genügen um die Bedeutung des Fundes zu charakterisiren.

Im Ganzen wurden gefunden:

1) Cabinetsstücke = 100 Centner

2) Schleifwaare = 200 "

Die schönsten dieser Krystalle sind von dem Berner Hrn. F. Bürki angekauft und dem Berner Museum geschenkt worden. Nähere Angaben über die geologischen Verhältnisse des Fundortes gehören wohl kaum in diese Annalen; dieselben finden sich im Jahrgang 1868 der Mittheilungen der Berner Naturf. Gesellschaft.

Es ist natürlich, daß dieser großartige Fund in der genannten Gesellschaft die Frage nach der Ursache der schwarzen Färbung dieser Krystalle lebhaft anregte.

Zunächst zeigte ein einfacher Versuch, daß die Farbe durch Erhitzen verschwindet, wobei der Krystall vollkommen wasserhell wird. Die Färbung konnte nun entweder in einer Beimengung organischer Substanz, welche durch Erhitzen zerstört wird, oder aber in einer durch das Erhitzen bedingten Umlagerung der Moleküle ihren Grund haben. Die letztere Annahme würde demnach den sogenannten Rauchtopas (besser Rauchquarz) als eine allotrope Modification des Bergkrystalls betrachten. Die folgenden Untersuchungen wurden zur Entscheidung zwischen diesen beiden Möglichkeiten vorgenommen.

Im Kleinen (mit 10 bis 15 Grm.) angestellte Versuche ergaben beim Glühen im Platintiegel eine Gesichtsabnahme von etwa 1 Milligrm. Diefes ist aber ein so kleiner Betrag, daß man daraus nicht auf eine wirkliche Gewichtsabnahme des Minerals schließen darf, da es ja zur Genüge bekannt ist, daß Platintiegel ihr Gewicht beim Glühen häufig um diese Größe verändern.

Das Entfärben des Minerals erfolgte, wie weitere Versuche lehrten, schon bei einer Temperatur von etwa 200° C.

Kochen mit Königswasser oder einer Mischung von chromsaurem Kali mit Schwefelsäure veränderten die Färbung nicht im Mindesten. Flückiger machte nun ebenfalls einige Versuche, ohne aber zu einem Resultate zu gelangen ¹⁾.

Da es aber bis dahin nicht gelungen war, eine färbende Substanz in den Rauchquarzen nachzuweisen, so begann ich meine Untersuchungen mit der Absicht, die Frage, ob die Färbung etwa durch eine Umlagerung der Moleküle bedingt sey, zu entscheiden.

Daß Farbenveränderung zusammengesetzter Körper durch Erhitzen vorkommen, ist bekannt; ich erinnere nur an das

1) S. meine Abhandlung: Ueber die Färbung der Rauchquarze: Mittheilung der Berner Naturf. Gesellschaft 1871.

Jodquecksilber. Dieser rothe Körper wird durch Erwärmen in eine gelbe Krystallmasse verwandelt, ohne dabei seine chemische Zusammensetzung zu verändern.

Zur Entscheidung dieser Frage mußten vor Allem gewisse physikalische Eigenschaften des Rauchquarzes und des Bergkrystalles einer exacten Vergleichung unterworfen werden. Um aber ganz sicher zu gehen, bestimmte ich zuerst die betreffenden physikalischen Constanten am Rauchquarze, entfärbte das gebrauchte Stück durch vorsichtiges Erwärmen und wiederholte darauf an der entfärbten Fläche die Bestimmung der Constanten.

Ist der Rauchquarz eine allotrope Modification des Bergkrystalles, so müssen sich Differenzen bei dieser Untersuchung zeigen, weil bekanntlich allotrope Modificationen sich immer durch verschiedene Dichte usw. unterscheiden.

Ich habe hier die angenehme Pflicht, zweier Herren für die Freundlichkeit, mit welcher sie mir das nöthige Material zur Verfügung stellten, meinen verbindlichsten Dank auszusprechen. Das erste Quantum Rauchquarz, darunter einen außerordentlich schönen tiefschwarzen, homogenen Krystall, erhielt ich von Hrn. Bergingenieur von Fellenberg, und als diese Menge durch Versuche erschöpft war, einen ausgezeichneten, dunkelschwarzen, beinahe 30 Pfund schweren werthvollen Krystall von Hrn. F. Bürki, demselben Naturfreund dem unser Museum die schönsten Krystalle des ganzen Fundes verdankt.

Zunächst liefs ich nun aus dem von Hrn. v. F. erhaltenen Krystall eine Platte senkrecht zur Hauptaxe und ein Prisma (brechende Kante parallel zur Hauptaxe) schleifen.

1. Untersuchung der Platte.

Dicke = $4^{mm},35$.

So vollkommen homogen gefärbt der Krystall erschien, so wenig war dieses bei der daraus geschnittenen Platte der Fall.

Beobachtet man dieselbe im durchfallenden Lichte des

wolkenlosen Himmels, so war die ungleiche Vertheilung der Färbung sehr auffallend.

Die Platte zeigte *dunklere* Figuren, welche, in eigenthümlicher Weise mit einer Spitze gegen den Mittelpunkt der Platte gerichtet, die Fläche derselben in Dreiecken theilen, deren Schenkel vom Mittelpunkte nach den natürlichen Kanten der Pyramide laufen. Innerhalb dieser Felder ist die Färbung von zahlreichen, beinahe farblosen, unregelmäßigen Adern durchzogen, welche meist radial vom Mittelpunkte zu verlaufen scheinen. Mit einer Lupe beobachtet, traten noch mehr Details von untergeordneter Bedeutung auf. In einer Ecke der Platte bemerkte man mit Hülfe einer stärkeren Lupe kleine Höhlungen; Flüssigkeit konnte in denselben nicht bemerkt werden.

Ich liefs nun die Platte im durchfallenden Lichte photographiren, und es gelang auf diese Weise ein treues Bild von der ungleichen Vertheilung der Färbung zu erhalten.

Fig 2 Taf. III wird das Gesagte zur Anschauung bringen.

Die Erklärung dieser merkwürdigen Vertheilung der Farbe folgt später.

Im polarisirten Lichte erwies sich die Platte als rechts drehend.

2. Bestimmung der Brechungsexponenten.

Zur Bestimmung der Brechungsexponenten benutzte ich ein neu angefertigtes Repetitions-Refractometer aus der physikalischen Werkstätte von Hermann und Pfister in Bern. Das Instrument darf mit Recht ein ausgezeichnetes genannt werden. Die Ablesung des 10 zölligen Theilkreises geschah durch vier Nonien und zwei Ablesemikroskope. Die Fehler der Theilung erwiesen sich als so gering, dafs das Aufstellen einer Correctionstabelle, besonders in Anbetracht der vierfachen Ablesung und der Repetition, überflüssig erschien. In der That zeigte es sich, dafs die mit Hülfe dieses Instrumentes abgeleiteten Brechungsquotienten eine ungewöhnliche Uebereinstimmung darboten.

Das Wesentliche der Construction des sehr zweckmä-
ßig eingerichteten Instrumentes ist von H. Wild mit Hrn.
Hermann vereinbart worden, und ich will daher einer
Beschreibung desselben durch Hrn. Wild, der dies beab-
sichtigen soll ¹⁾, nicht vorgreifen.

Die Bestimmung der Brechungsindices erfolgte durch
die Methode der Minimalablenkung; als Lichtpuelle diente
eine durch schwefelsaures Natron gelb gefärbte Gasflamme.
Ueber die Einzelheiten der Versuche will ich keine nähe-
ren Angaben machen, sondern nur bemerken, daß der ver-
wendete Apparat in sehr sicherer Weise die nöthigen Cau-
teln, wie Verticalstellen der brechenden Kante usw., ein-
zuhalten erlaubte, und daß die Bestimmungen für eine mitt-
lere Temperatur von 10° C. gelten. Die Temperaturschwan-
kungen betrugten nicht mehr als $1^{\circ},5$ C.

Ich hätte freilich gewünscht, außer den Brechungsexpo-
nenten für D noch andere zu bestimmen; indessen schei-
terten diese Versuche an der Undurchsichtigkeit des Pris-
mas. Die sehr intensiven Strahlen der Natriumflamme ver-
mochten zwar durchzudringen, nicht aber die blaue Stron-
tiumlinie oder die blaue Wasserstofflinie; ebenso erwies
sich die rothe Wasserstofflinie als zu lichtschwach.

a. Bestimmung des brechenden Winkels.

Zur Bestimmung des brechenden Winkels verwendete
ich das Spiegelbild der beleuchteten Spalte. Ich erhielt in
drei Versuchen die folgenden Resultate:

$$a = 60^{\circ} 11' 5''.$$

Nun wurde die Stellung der Fernrohre zu einander
verändert und der mit den Nonien verbundene Tisch so
gedreht, daß andere Stellen der Theilung zur Ablesung
kamen. Ich erhielt nun:

$$a_1 = 60^{\circ} 11' 2''.$$

Wiederum veränderte man den Winkel beider Fern-

1) Zufolge mündlicher Mittheilung des Hrn. Hermann.

rohre und verwendete andere Stellen der Theilung zur Ablesung, wobei erhalten wurde:

$$a_2 = 60^\circ 11' 10''.$$

b. Bestimmung der Maximalwerthe für $Na_\alpha = D$.

1. Ordentlich gebrochener Strahl.

Erhalten wurde:

$$\varphi = 41^\circ 17' 23''$$

$$\varphi_1 = 41^\circ 17' 10''$$

$$\varphi_2 = 41^\circ 17' 13''.$$

2. Außerordentlich gebrochener Strahl.

Erhalten wurde:

$$\varphi' = 42^\circ 7' 23''$$

$$\varphi'_1 = 42^\circ 7' 17''$$

$$\varphi'_2 = 42^\circ 7' 28''.$$

Ich hätte nun aus je dreien dieser gut übereinstimmenden Werthe das Mittel nehmen und hieraus die Brechungsexponenten ableiten können; um aber den *größt möglichen* Fehler kennen zu lernen, welcher aus diesen Resultaten abgeleitet werden kann, combinirte ich *alle* Werthe des brechenden Winkels mit *allen* Werthen der Minimalablenkung. Nach dieser Methode erhielt ich für den ordentlichen und außerordentlichen Strahl je neun Werthe des Brechungsexponenten. Der mittlere Fehler des Endresultates wurde entsprechend der Methode der kleinsten Quadratsummen durch di Formel

$$\pm \sqrt{\frac{\sum d^2}{n(n-1)}}$$

berechnet, der wahrscheinliche Fehler des Resultates aus der Forme

$$\pm 0,6745 \sqrt{\frac{\sum d^2}{n(n-1)}}.$$

Schließlich mag noch angeführt werden, dafs durch die Art der Beobachtung wohl constante Fehler, veranlaßt durch das Instrument, möglichst vermieden seyn dürften.

*Brechungsquotienten des ordentlich gebrochenen Strahls
für $N_{aa} = D$.*

Brechender Winkel	Minimalablenkung	Brechungsquotient	d
60° 11' 5"	41° 17' 23"	1,544187	+ 0,000019
60° 11' 5"	41° 17' 10"	1,544151	— 0,000017
60° 11' 5"	41° 17' 13"	1,544156	— 0,000012
60° 11' 2"	41° 17' 23"	1,544207	+ 0,000039
60° 11' 2"	41° 17' 10"	1,544164	— 0,000004
60° 11' 2"	41° 17' 13"	1,544177	+ 0,000009
60° 11' 10"	41° 17' 23"	1,544179	+ 0,000011
60° 11' 10"	41° 17' 10"	1,544137	— 0,000031
60° 11' 10"	41° 17' 13"	1,544152	— 0,000016

$$\text{Mittel} = 1,544168.$$

$$\text{Wahrscheinlicher Fehler} = \pm 0,0000055.$$

*Brechungsquotienten des außerordentlich gebrochenen Strahls
für $N_{aa} = D$.*

Brechender Winkel	Minimalablenkung	Brechungsquotient	d
60° 11' 5"	42° 7' 23"	1,553325	— 0,000003
60° 11' 5"	42° 7' 17"	1,553307	— 0,000021
60° 11' 5"	42° 7' 28"	1,553344	+ 0,000016
60° 11' 2"	42° 7' 23"	1,553345	+ 0,000017
60° 11' 2"	42° 7' 17"	1,553327	— 0,000001
60° 11' 2"	42° 7' 28"	1,553358	+ 0,000030
60° 11' 10"	42° 7' 23"	1,553318	— 0,000010
60° 11' 10"	42° 7' 17"	1,553299	— 0,000029
60° 11' 10"	42° 7' 28"	1,553330	+ 0,000002

$$\text{Mittel} = 1,553328.$$

$$\text{Wahrscheinlicher Fehler} = \pm 0,0000042.$$

Aus diesen Versuchen erhalten wir also die Brechungsquotienten:

$$o = 1,544168 \pm 0,0000055$$

$$e = 1,553328 \pm 0,0000042.$$

Rudberg ¹⁾ fand für Bergkrystall und die Linie D :

$$o = 1,54418$$

$$e = 1,55328.$$

1) Pogg. Ann. Bd. XIV. Beer, höhere Optik 286.

Man sieht, daß die von mir gefundenen Brechungsquotienten des Rauchquarzes bis auf einige Einheiten der fünften Decimale mit den von Rudberg für Bergkrystall gefundenen Werthen übereinstimmen.

Zugleich widerlegen diese Resultate die Angaben von Pfaff¹⁾ bezüglich der Brechungsquotienten des Rauchquarzes. Pfaff beobachtete nach der wenig zuverlässigen Methode der Bestimmung des Polarisationswinkels und erhielt folgende Zahlen:

$$o = 1,478$$

$$e = 1,485,$$

welche, wie man sieht, erheblich von meinen Werthen differiren.

Aus meinen Bestimmungen hat sich also ergeben, daß die Brechungsindices des Rauchquarzes und Bergkrystalls identisch sind; dieses Resultat läßt nun mit Sicherheit erwarten, daß auch die Dichte von Rauchquarz und Bergkrystall die gleiche sey.

Um aber direct nachzuweisen, daß die Färbung des Rauchquarzes in keinem Zusammenhang mit seinem Brechungsvermögen stehe, brachte ich das Prisma in ein Luftbad, dessen Temperatur ich langsam und vorsichtig auf 260°, später auf 300° C. erhöhte. Schon nach einigen Stunden war eine Entfärbung merklich; dieselbe schritt aber nur langsam fort, um erst nach 80 stündigem Erhitzen vollendet zu seyn. Das entfärbte Prisma erschien beinahe wasserklar und zeigte nur noch einen sehr geringen Stich ins Bräunliche; Risse waren nicht entstanden. Nun wurden wieder brechender Winkel und Minimalablenkung in ganz gleicher Weise wie vorhin bestimmt und erhalten:

Minimalablenkung für Na.

Brechender Winkel	Ordentlicher Strahl	Außerordentlicher Strahl
60° 11' 7"	41° 17' 20"	42° 7' 17"
60° 11' 5"	41° 17' 17"	42° 7' 23"
60° 11' 10"	41° 17' 20"	42° 7' 26".

1) Pogg. Ann. 127. Fortschritte der Physik 1866, S. 216.

Combinirt man diese Werthe wie vorhin, so erhält man:

*Brechungsquotienten des ordentlich gebrochenen Strahls
für $N_{a\alpha} = D$.*

Brechender Winkel	Minimal- ablenkung	Brechungs- quotient	d
60° 11' 7"	41° 17' 20"	1,544174	+ 0,000003
60° 11' 7"	41° 17' 17"	1,544162	— 0,000009
60° 11' 7"	41° 17' 20"	1,544174	+ 0,000003
60° 11' 5"	41° 17' 20"	1,544181	+ 0,000010
60° 11' 5"	41° 17' 17"	1,544168	— 0,000003
60° 11' 5"	41° 17' 20"	1,544181	+ 0,000010
60° 11' 10"	41° 17' 20"	1,544167	— 0,000004
60° 11' 10"	41° 17' 17"	1,544161	— 0,000010
60° 11' 10"	41° 17' 20"	1,544167	— 0,000004

Mittel = 1,544171.

Wahrscheinlicher Fehler = $\pm 0,0000017$.

*Brechungsquotienten des außerordentlich gebrochenen Strahls
für $N_{a\alpha} = D$.*

Brechender Winkel	Minimal- ablenkung	Brechungs- quotient	d
60° 11' 7"	42° 7' 17"	1,553300	— 0,000018
60° 11' 7"	42° 7' 23"	1,553319	+ 0,000001
60° 11' 7"	42° 7' 26"	1,553331	+ 0,000013
60° 11' 5"	42° 7' 17"	1,553307	— 0,000011
60° 11' 5"	42° 7' 23"	1,553325	+ 0,000007
60° 11' 5"	42° 7' 26"	1,553338	+ 0,000020
60° 11' 10"	42° 7' 17"	1,553299	— 0,000019
60° 11' 10"	42° 7' 21"	1,553318	0,000000
60° 11' 10"	42° 7' 26"	1,553324	+ 0,000006

Mittel = 1,553318.

Wahrscheinlicher Fehler = $\pm 0,0000029$.

Für das entfärbte Prisma erhalten wir also die Brechungsquotienten:

$$o = 1,544171 \pm 0,0000017$$

$$e = 1,553318 \pm 0,0000029.$$

Eine Vergleichung dieser Quotienten mit denjenigen für das natürliche Prisma ergiebt, daß durch das Entfärben

die Brechungsverhältnisse des Rauchquarzes nicht verändert werden.

Dieser Umstand liefs erwarten, dafs auch die Dichte von der Färbung unabhängig sey, da bekanntlich eine Veränderung der Dichte von einer Veränderung des Brechungsquotienten, und umgekehrt, begleitet ist. Immerhin schien es mir von Interesse, eine genaue Dichtebestimmung des natürlichen und des entfärbten Rauchquarzes vorzunehmen. Die Methode soll im Folgenden beschrieben werden.

Dichtebestimmung.

Zu den folgenden Bestimmungen wurden ausschliesslich klare geschliffene Stücke verwendet und zwar:

1. Ein Petschaft von Goldarbeiter Gast in Bern. Dasselbe erschien, bis auf einen kleinen Fehler im Innern des Krystalls, der das Aussehen einer kleinen Druse hatte, vollkommen klar und homogen gefärbt. Das Gewicht betrug 104 Grm.

2. Ein von demselben Hrn. Gast erhaltenes geschliffenes Stück aus einer Broche. Dieses Stück war sehr dunkel gefärbt und vollkommen fehlerlos. Gewicht 18 Grm. Die Dichte desselben wurde nach dem Entfärben (durch Erhitzen im Luftbad) bestimmt.

Die Bestimmungen wurden auf der eidgen. Normal-Eichstätte mit Hülfe einer sehr feinen Waage von Hermann und Pfister und eines Gewichtssatzes, dessen Fehler bestimmt wurden, und zwar nach der Methode, welche H. Wild in seinem »Bericht über die Arbeiten zur Reform der schweizerischen Urmaafse« beschrieben hat, ausgeführt.

Die damals herrschende Witterung, trübes Nebelwetter, begünstigte die Genauigkeit der Resultate, indem von den Einwirkungen der Sonne, deren Strahlen die Eichstätte zu gewissen Tageszeiten exponirt ist, kein Nachtheil zu befürchten war. Um nicht künstlich Temperaturschwankungen zu veranlassen, wurde während mehrer Tagen nicht geheizt, wie auch während der Versuche vom Heizen abgesehen wurde.

Nachdem die Waagen mehrere Tage im ungeheizten Zimmer gestanden hatten, durfte man annehmen, daß ihre ganze Masse die Lufttemperatur angenommen hatte, und war nun sehr besorgt, diese Temperatur möglichst wenig zu verändern. Der Beobachter näherte sich bei Ausführung der Wägung so wenig als möglich, die Gewichte wurden mit einer so langen Zange auf die Waagschalen gebracht, daß die Hand nicht in das Gehäuse eingeführt werden mußte.

Alle Wägungen wurden nach der Borda'schen Methode ausgeführt. Gleichzeitig wurde beobachtet:

- a. die Lufttemperatur;
- b. der Barometerstand;
- c. ein im Waagegehäuse befindliches Hygrometer;
- d. die Temperatur des destillirten Wassers, in welches der Körper eingetaucht wurde.

Bei Bestimmung der Lufttemperatur verwendete ich ein von Geissler in Bonn verfertigtes, in $\frac{1}{10}^{\circ}$ getheiltes, calibrirtes Instrument. Unmittelbar nach Beendigung der Versuche bestimmte ich den Nullpunkt des Instrumentes und fand denselben bei $+0^{\circ},35$. Um die wahre Temperatur zu erhalten, waren also an der abgelesenen Zahl zwei Correctionen anzubringen, nämlich die Correction für das Caliber und die Correction der Nullpunktsverschiebung.

Die Wassertemperatur wurde mit einem feinen Thermometer von Fastré, welches ich mit dem genannten Geissler'schen Thermometer sorgfältig verglichen hatte, gemessen.

Die Bestimmung des Barometerstandes erfolgte mit Hülfe eines von Hermann angefertigten Barometers mit Messing-scale. Die Ablesung wurde durch Nonius und Lupe auf $\frac{1}{10}^{\text{mm}}$ ausgeführt und die erhaltene Zahl nach der Formel

$$B_0 = B_1 - B_1(\alpha - \beta)t$$

worin

α der cubische Ausdehnungscoefficient des Quecksilbers
 $= 0,00018153,$

β der lineare Ausdehnungscoëfficient des Messings
 $= 0,000018782,$

t die nach Graden Celsius abgelesene Temperatur des Thermometers *attaché* (unter der Annahme, die Temperatur des Quecksilbers und der Scale sey identisch) bedeutet, auf 0° reducirt.

Das Haarhygrometer aus der Werkstätte für physikalische Apparate in Genf, unter Leitung von Schwerd gefertigt, ist ebenfalls von Wild¹⁾ geprüft und mit einem Psychrometer verglichen worden. Dasselbe besitzt zwei Theilungen. Die eine ist zwischen dem Punkte absoluter Trockenheit und demjenigen vollkommener Sättigung mit Wasserdampf in 100 gleiche Theile getheilt, die andere giebt, zufolge besonderer Voruntersuchung, die relative Feuchtigkeit direct in Procenten der Sättigung. Wild hat durch eine längere Vergleichung mit dem Psychrometer die Zuverlässigkeit des Instrumentes geprüft und die anzubringende Correction bestimmt. Wenn sich auch innerhalb der seit jener Justirung verflossenen Zeit diese Correction etwas verändert haben sollte, so kann dieß doch nicht in solcher Weise geschehen seyn, daß die verlangte Genauigkeit der Dichtebestimmung darunter merklich leiden kann. Diese Erwägung bestimmte mich, die von Wild angegebene Correction anzubringen.

Alle Dichtebestimmungen wurden durch Abwägen der Krystalle in Luft und Wasser nach folgender Methode vorgenommen:

Der Krystall wurde auf die linke Waagschale gebracht und durch auf die rechte Schale gelegte Gewichte aequilibrirt. Hierauf nahm man den Körper von der Waage und ersetzte ihn durch Gewichte aus einem vergoldeten Argentan-Gewichtssatze, dessen Fehler genau bestimmt waren, und beobachtete Temperatur, Barometerstand und Luftfeuchtigkeit. Man erhielt so das Gewicht in Luft (I). Jetzt hing man denselben an einem feinen Platindrath so an der

1) Schweizerische Urmaasse S. 143.

Waagschale auf, daß er in ein Gefäß mit destillirtem Wasser vollkommen eintauchte, und markirte den Stand des Wassers im Gefäße durch eine aufgeklebte Papiermarke. Man brachte die Waage durch Taragewichte wieder ins Gleichgewicht, bestimmte außer Lufttemperatur, Druck und Feuchtigkeit noch die Wassertemperatur und ersetzte schließlich Krystall und Draht durch aufgelegte Gewichte. Man erhielt so das Gewicht von Krystall + Draht in Wasser (II). Durch die gleiche Operation wurde nun das Gewicht des Drahtes allein im Wasser bestimmt (III); indem man in das Gefäß Wasser bis zur Marke eingoß, erreichte man, daß der Draht ebenso tief eintauchte, wie bei Wägung II.

Zieht man das Resultat dieser Wägung von Wägung (II) ab, so erhält man das Gewicht des Krystalls in Wasser (IV).

Bezeichnen wir mit

Q = absolutes Gewicht des Krystalls,

D_i = dessen Dichte bei $t^\circ \text{C.}$,

G = absolutes Gewicht der dem Krystall das Gleichgewicht haltenden Gewichtsstücke (I),

d_i = Dichte der Gewichtsstücke bei $t^\circ \text{C.}$

λ_i = Dichte der Luft für $\left\{ \begin{array}{l} t^\circ = \text{Temperatur,} \\ B = \text{Barometerstand,} \\ h = \text{absolute Feuchtigkeit,} \\ \varphi = \text{geographische Breite} = \\ \quad = 46^\circ 57' 9'', \\ H = \text{absolute Höhe über dem} \\ \quad \text{Meer} = 540^m, \end{array} \right.$

so ist:

$$Q - \frac{Q\lambda_i}{D_i} = G - \frac{G\lambda_i}{d_i}$$

$$Q \left(1 - \frac{\lambda_i}{D_i}\right) = G \left(1 - \frac{\lambda_i}{d_i}\right) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1).$$

Ist ferner:

G' = absolutes Gewicht der Gewichtsstücke, welche dem in Wasser getauchten Krystall das Gleichgewicht halten (IV),

D_r = Dichte des Krystalls bei der Temperatur t' ,

W_r = Dichte des Wassers bei t^0 , bezogen auf Wasser von $+4^0 = 1$,
dann haben wir

$$Q - \frac{Q W_r}{D_r} = G' - \frac{G' \lambda_t}{d_t}$$

$$Q \left(1 - \frac{W_r}{D_r}\right) = G' \left(1 - \frac{\lambda_t}{d_t}\right) \dots \dots (2).$$

Dividirt man Gleichung (1) durch Gleichung (2), so kommt:

$$\frac{G}{G'} = \frac{1 - \frac{\lambda_t}{D_t}}{1 - \frac{W_r}{D_r}}.$$

Hieraus erhält man die Dichte des Krystalls bei t^0 :

$$D_t = \frac{W_r \frac{D_t}{D_r} \frac{G}{G'} - \lambda_t}{\frac{G}{G'} - 1}.$$

Nun ist, wenn wir mit α den cubischen Ausdehnungscoëfficienten des Quarzes bezeichnen, $D_t = \frac{D_0}{1 + \alpha t}$; führt man dies in vorstehende Gleichung, so erhält man die Dichte des Krystalls bei 0^0 C., bezogen auf Wasser von $+4^0$ C. aus der Formel:

$$D_0 = \frac{\frac{G}{G'} \cdot W_r (1 + \alpha t') - \lambda_t (1 + \alpha t)}{\frac{G}{G'} - 1} \dots \dots (3).$$

Für α nahm ich den von Steinheil für Bergkrystall bestimmten Werth = 0,00003255 an.

Die Dichte der trockenen Luft bei 0^0 C., 760^{mm} Barometerstand für eine Breite φ^0 und eine Höhe von H Meter über dem Meer ergibt sich aus der Kohlrausch'schen Formel

$$0,001292753 (1 - 0,0025935 \cos. 2\varphi) (1 - 0,00000031417 H).$$

Für die eidgenössische Eichstätte, deren

geographische Breite $\varphi = 46^0 57' 9''$

Meereshöhe $H = 540$ Meter,

erhält man die Dichte trockener Luft bei dem Barometerstand B und der Temperatur t aus der Formel

$$A = \frac{0,001292762 \cdot B}{760 (1 + 0,003665 t)}$$

Da die Luft bei den Wägungen immer Wasserdampf enthält, so muß derselbe in Rechnung gebracht werden. Bezeichnen wir daher mit h die absolute Feuchtigkeit (berechnet aus den Angaben des Hygrometers), ist ferner 0,62208 das spec. Gewicht des Wasserdampfes, bezogen auf Luft, so haben wir die Dichte der feuchten Luft:

$$\lambda_1 = \frac{0,001292762 (B - h)}{760 (1 + 0,003665 t)} + \frac{0,001292762 \cdot 0,62208 h}{760 (1 + 0,003665 t)}$$

$$\lambda_1 = \frac{0,001292762 \cdot (B - 0,37792 h)}{760 (1 + 0,003665 t)}$$

Nach dieser Methode und mit diesen Constanten arbeitend erhielt ich durch Einführen meiner Beobachtungsergebnisse in die Formel (3) die Dichte bei 0° C., bezogen auf Wasser von + 4° C.:

1) Für das Petschaft von Gast = $2,65027 \pm 0,00009$.

Wild hat als Dichte des fehlerfreien Bergkrystalls gefunden 2,65062. Diese Zahl differirt von der von mir für Rauchquarz gefundenen erst in der vierten Decimale. Erinnerung man sich noch daran, daß das untersuchte Petschaft einen kleinen Fehler im Innern zeigte, so wird man die kleine Differenz begreifen und zu dem Schlusse kommen, daß die Dichten von Bergkrystall und Rauchquarz sich nicht merklich unterscheiden.

2) Um den Einfluß kennen zu lernen, welchen das Entfärben des Rauchquarzes durch Hitze auf seine Dichte äußert, wurde nun die Dichte eines geschliffenen Stückes aus einer Broche, welches ich im Luftbad entfärbt hatte, bestimmt.

Ich fand $D_0 = 2,65022 \pm 0,00010$.

Vergleicht man diese Zahl mit der für das Petschaft gefundenen, so hat man

Dichte des Rauchquarzes = 2,65027

Dichte des entfärbten Rauchquarzes = 2,65022
= 0,00005.

Diese Zahlen beweisen zur Genüge, daß die Färbung in keiner Beziehung zur Dichte steht. Ich verzichte daher auf die Angabe einer Anzahl weiterer Dichtebestimmungen, welche ich mit verschiedenen Proben Rauchquarz ausgeführt habe, und will nur bemerken, daß diese Dichte vom kleinsten Fehler in dem untersuchten Stücke schon um mehrere Einheiten der vierten Decimale verändert wird.

Zu genauen Dichtebestimmungen haben sich mir einfache Bruchstücke als ungeeignet erwiesen, indem die durch das Zerschlagen entstehenden Sprünge immer mehr oder weniger lufthaltig sind; es sollen daher stets nur geschliffene fehlerfreie Stücke angewendet werden.

Diese Versuche beweisen indirect, daß die Färbung durch eine in sehr geringer Menge beigemischte Substanz bedingt ist, da sie den Beweis erbracht haben, daß dieselbe in keinem Zusammenhang mit den wichtigsten physikalischen Eigenschaften steht. Immerhin genügte mir dieser indirecte Beweis nicht und ich trachtete, die fremde Substanz wirklich nachzuweisen.

Der Rest des von Hrn. v. Fellenberg erhaltenen Rauchquarzes wurde zu etwa linsengroßen Stückchen zerschlagen; dieselben wurden mit Salzsäure extrahirt, dann mit großen Mengen Brunnenwasser, zuletzt mit destillirtem Wasser gewaschen. Die nassen Krystalle brachte man in eine Porcellanschale, welche man auf dem Wasserbad so lange erhitzte, bis die Stückchen sich vollkommen trocken anfühlten. Die noch heißen Krystallstückchen brachte man rasch unter den Recipienten der Luftpumpe über eine Schale voll concentrirter Schwefelsäure, wo man dieselben unter häufig wiederholtem Evacuiren 5 Tage stehen liefs. Während dieser Zeit war eine Glasretorte, um dieselbe widerstandsfähiger zu machen, mit einem Lehmbeschlag versehen worden. Die Retorte wurde nun, um jede Spur etwa vorhandener organischer Substanz zu entfernen, mit einer

heissen Mischung von Schwefelsäure und einer Lösung von chromsaurem Kali angefüllt. Nach dem Erkalten wurde die Lösung ausgegossen, die Retorte mit destillirtem Wasser ausgespült und dann unter Erhitzen durch einen eingblasenen Strom heisser Luft scharf ausgetrocknet. In die so vorbereitete Retorte brachte man die getrockneten Krystalle und zog darauf den Hals der Retorte in eine Spitze aus.

Durch die Luftpumpe wurde jetzt die Retorte von Luft entleert und sofort mit chemisch reinem, durch concentrirte Schwefelsäure getrocknetem Wasserstoff gefüllt. Das Wasserstoffgas wurde wieder entleert, durch eine neue Menge ersetzt und diese Operation sechs Mal wiederholt. So durfte man sich für überzeugt halten, aus der Retorte allen Sauerstoff entfernt zu haben, und jetzt wurde die Spitze zugeschmolzen.

Die mit 760 Grm. Rauchquarz beschickte Retorte wurde so auf einen kleinen Kohlenofen gesetzt, daß die zugeschmolzene Spitze in ein Gefäß mit kaltem Wasser tauchte.

Nach vierstündigem starkem Feuern erschien der Quarz vollkommen entfärbt und in der Spitze hatte sich eine etwa 0,1 Grm. betragende, trübliche Flüssigkeit angesammelt.

Als nach dem Erkalten der Hals abgeschnitten wurde, bemerkte man einen starken eigenthümlichen Geruch, den ich nicht anders als empyreumatisch zu bezeichnen weifs.

Die Flüssigkeit zeigte folgende Eigenschaften:

- 1) Dieselbe war beinahe farblos, nur schwach bräunlich gefärbt und zeigte den vorhin erwähnten eigenthümlichen Geruch.
- 2) Rothcs Lackmuspapier wurde durch dieselbe stark gebläut, Curcumapapier gebräunt.

Dieselbe enthielt demnach einen basischen Körper.

- 3) Brachte man in das Röhrchen, welches die Flüssigkeit enthielt, mit Hülfe ener Pincette ein Stückchen rothes Lackmuspapier, ohne die Wände zu berühren, so bläute sich dasselbe in wenig Augenblicken sehr intensiv.

Die alkalisch reagirende Substanz ist demnach eine flüchtige.

- 4) Ein Tröpfchen der Flüssigkeit wurde auf einen Objectträger gebracht und mit Platinchlorid versetzt. Sofort trat eine Trübung ein, nach kurzer Zeit entstand ein Niederschlag, welcher unter dem Mikroskop als aus Octaëdern bestehend, erkannt wurde.
- 5) Der Rest der Flüssigkeit mit einigen Tropfen Höllensteinlösung versetzt, gab einen dicken weissen Niederschlag, welcher sich bei Zusatz eines Tropfens Salpetersäure klar löste.

Das Resultat dieses Versuches war so merkwürdig, daß ich lebhaft wünschen mußte, denselben mit einer größern Quantität zu wiederholen, aber es war inzwischen schon ziemlich schwierig geworden, Material zu erhalten, so daß ich in Bern nur noch 2 bis 3 Pfund ankaufen konnte. Ich wandte mich in meiner Verlegenheit an Hrn. Apotheker Lindt, welcher mit größter Bereitwilligkeit versprach, mir zur Erlangung genügenden Materials behülflich seyn zu wollen. In der That stellte mir einige Tage später Hr. F. Bürki, durch Hrn. Lindt von meinen Wünschen in Kenntniss gesetzt, brieflich das Material im Interesse der Wissenschaft zur Verfügung. Ich erhielt von demselben einen tief schwarzen, etwa 30 Pfund wiegenden, werthvollen Krystall, und war somit zu weiteren Versuchen mit Substanz glänzend ausgestattet.

Es gereicht mir zum besonderen Vergnügen, Hrn. Bürki, der in Bern als eifriger Förderer wissenschaftlicher Bestrebungen längst bekannt ist, für diese werthvolle Unterstützung meiner Arbeit den verbindlichsten Dank öffentlich auszusprechen.

Der Krystall wurde nun mit einem schweren Hammer zerschlagen und im sogenannten Diamantmörser zu etwa linsengroßen Stückchen zerklopft, welche genau wie im vorigen Versuch gewaschen und getrocknet wurden. Eine bedeutend größere Retorte wurde ebenfalls in ganz gleicher Weise vorgerichtet; in dieselbe füllte man aber jetzt 4500 Grm. der kleinen Quarzstückchen, füllte wie vorhin

mit Wasserstoffgas, schmolz die Spitze zu und erhitze im Kohlenfeuer, während die Spitze in Eis gehalten wurde.

Nach sechsstündigem starkem Feuern waren die Krystalle bis auf die oberste Schicht vollkommen entfärbt. Der Versuch mußte aber trotzdem schon jetzt unterbrochen werden, weil diese Retorte in diesem Augenblick einen Sprung erhielt.

Das Resultat des Versuches war das folgende:

- 1) In der Spitze hatten sich 0,5 bis 0,6 Gramme einer schwach trüben Flüssigkeit von eigenthümlichem empyreumatischem Geruch condensirt.
- 2) Der ganze untere Theil des Retortenbalses zeigte einen *schwarz-grauen rufsartigen Anflug*, welcher unter dem Mikroskop vollkommen amorph erschien und den ich für Kohlenstoff, von der Zersetzung einer organischen Materie herrührend, ansehe. Eine Täuschung ist nicht denkbar, da vor dem Versuch der ganze Retortenbals vollkommen rein und von keinem Stäubchen irgend einer Substanz getrübt war.
- 3) Ein Stückchen blaues Lackmuspapier wurde durch die bei gewöhnlicher Temperatur sich bildenden Dämpfe der Flüssigkeit stark gebläut.
- 4) Ein Tropfen Salzsäure zu einigen Tropfen der Flüssigkeit gebracht, bewirkte ein Entweichen von Glasbläschen, welche ohne Zweifel als *Kohlensäure* anzusehen sind.
- 5) Ein Tropfen Platinchlorid erzeugte in der Flüssigkeit einen aus mikroskopischen Octaëdern bestehenden Niederschlag.
- 6) Ueberliefs man einige Tropfen der mit Salzsäure neutralisirten Flüssigkeit der freiwilligen Verdunstung auf einem Objectträger, so erhielt man ein krystallinisches Residuum, welches unter dem Mikroskop die charakteristischen Formen des *Salmiaks* zeigte. Um vor jeder Täuschung sicher zu seyn, brachte ich auf denselben Objectträger einen Tropfen Salmiaklösung.

Nach der freiwilligen Verdunstung waren beide Residua nicht von einander zu unterscheiden.

- 7) Höllensteinlösung erzeugte einen dicken weissen Niederschlag, welcher sich mit einem Tropfen Salpetersäure klar löste.

Die Resultate aus 3, 4, 5, 6, 7 ergeben mit vollkommener Sicherheit, dafs der in der Flüssigkeit enthaltene alkalische Stoff *kohlensaures Ammoniak* ist.

Es ist hiernach als bewiesen anzusehen, dafs das kohlensaure Ammoniak, welches sich in dem Destillate fand, das Product der trockenen Destillation eines stickstoff- und kohlenstoffhaltigen organischen Stoffes ist, welcher Stoff eben die Färbung der schwarzen Bergkrystalle bedingt.

Diefs erklärt auch die regelmässige Anordnung der Färbung. Wyrouboff¹⁾ hat nachgewiesen, dafs in gefärbten Flussspathen die Farbstofftheilchen eine regelmässige treppenförmig pyramidale Lage haben; ebenso liefs sich in Kochsalzkrystallen, welche aus einer gefärbten Lösung erhalten worden waren, eine regelmässige Anordnung des Farbstoffes erkennen. Wyrouboff schliesst hieraus, dafs in vielen Fällen, in welchen sich Krystalle aus gefärbten Lösungen gebildet haben, der Farbstoff in den Schliften eine bestimmte geometrische Figur besitzen werde, so dafs derselbe oft die innere Structur des Krystalls anzeige.

Ein Blick auf beiliegende Fig. 2 Taf. III läfst sofort die hexagonale Structur des Schliffes erkennen, so dafs auch dieses Verhalten die Annahme rechtfertigt, es haben sich die schwarzen Bergkrystalle aus einer durch organische Substanz dunkel gefärbten Lösung durch langsames Auskrystallisiren gebildet. Von besonderem Interesse scheint mir der Umstand, dafs die färbende Substanz stickstoffhaltig ist; ob dieselbe ursprünglich thierischen oder pflanzlichen Ursprungs gewesen seyn mag? — Diefs zu entscheiden mufs ich den Geologen überlassen, wenn mir auch, im

1) *Bull. de Moscou* 1867. III. Fortschritte der Physik 1867. 75.

Hinblick auf die allgemeine Verbreitung des Stickstoffs im Thierreiche, die erstere Möglichkeit als wahrscheinlicher vorkommt.

Zusammenstellung.

Aus den vorliegenden Untersuchungen ergeben sich demnach folgende Resultate:

- I. Der Farbstoff der schwarzen Bergkrystalle ist in mehr oder minder regelmäßigen Figuren angeordnet, welche die hexagonale Structur der Krystalle deutlich erscheinen lassen (S. Fig. 2 Taf. III).
 - II. Die Brechungsexponenten des Rauchquarzes sind:

$$o = 1,544168.$$

$$e = 1,553328.$$
 - III. Die Brechungsexponenten des durch Hitze entfärbten Rauchquarzes sind:

$$o = 1,544171.$$

$$e = 1,553318.$$
 - IV. Die Dichte des Rauchquarzes bei 0° C. bezogen auf Wasser von + 4° C. beträgt

$$D = 2,65027.$$
 - V. Die Dichte eines durch Hitze entfärbten Stückes Rauchquarz unter gleichen Verhältnissen wie oben wurde gefunden:

$$D = 2,65022.$$
 - VI. Die Färbung des Rauchquarzes ist durch einen organischen kohlenstoff- und stickstoffhaltigen Körper bedingt.
 - VII. Dieser organische Körper wird durch Erhitzen zer setzt und liefert unter den Producten der trockenen Destillation in einer Wasserstoffatmosphäre kohlen saures Ammoniak.
- Bern, im Februar 1871.

IV. Ueber die Wirkung der Nebenströme der elektrischen Batterie auf den Hauptstrom und auf einander; von P. Riefs.

(Akad. Monatsber. März 1871.)

Die außerordentliche Mannigfaltigkeit der elektrischen Versuche und die Schwierigkeit, aus ihnen diejenigen auszuwählen, welche bei dem jetzigen Stande der Lehre von der Elektrizität die Kenntniß dieser wunderbaren Naturkraft erweitern können, rührt von der Elektrisirung aus der Ferne her, die bei der ruhenden Elektrizität Influenz, bei der in Bewegung befindlichen Induction genannt wird. Wir geben einem Leiter eine abgemessene Menge von Elektrizität, deren Wirkung bei ihrer Ruhe oder Entladung untersucht werden soll, und zugleich empfangen andere Leiter gegen unsere Absicht Elektrizität, welche die Wirkung ändert, sie hindern, ja im entgegengesetzten Sinne zum Vorschein bringen kann, als es der Fall seyn würde, wenn die hinzutretene Elektrisirung nicht stattgefunden hätte. Diese zukommende Elektrizität ist beiderlei Namens und in den häufigsten Fällen ist bei Versuchen mit ruhender Elektrizität die Elektrizitätsmenge, ja selbst die Stelle unbekannt, welche jede Elektrizitätsart auf dem influencirten Leiter einnimmt. Der Versuch allein kann Dies entscheiden. Fechner hat eine Reihe der einfachsten Influenzversuche angestellt ¹⁾, in welchen ein einfach geformter Metallkörper durch eine elektrische Kugel erregt wurde, und dennoch dabei Fälle genug gefunden, bei welchen die Lage der beiden Elektrizitäten nicht im Voraus anzugeben war. Es ist klar, daß solche Fälle noch viel häufiger seyn werden bei verwickelten Influenzversuchen. An der Holtz'schen Elektrophormaschine zum Beispiel wirken von der drehbaren Scheibe und dem Papierkuchen aus nicht weniger als fünf gesonderte Elektrizitätsportionen auf jeden Elektrodenkamm,

1) Pogg. Ann. Bd. 51, S. 343.

und es treten Wirkungen auf, die befremden können, wenn man nur bekannte einfache Influenzerscheinungen in Betracht zieht. Daher kommt es, daß jener Maschine von einigen Beobachtern eine eigenthümlich räthselhafte, geheimnißvolle Wirksamkeit zugeschrieben worden ist ¹⁾, die eben darauf hinausläuft, daß bei den mehrfachen gleichzeitigen Influenzen unbekannter Elektrizitätsmengen sich der Erfolg nicht vorhersagen liefs.

Bei den Versuchen mit dem Entladungsstrome der Batterie sind es die Inductionen des Schließungsbogens auf ihn selbst und naheliegende Leiter, welche die Wirkungen des Stromes aufs Unkenntlichste verwirren können. Das schlagendste Beispiel hiervon haben die Versuche von Snow Harris gegeben über die Erwärmung des Bogens durch die Entladung, welche zu dem irrigen, selbst von einem Faraday (*exp. resear.* §. 368) angenommenen Schlusse zu berechtigen schienen, daß die durch Entladung einer bestimmten Elektrizitätsmenge erregte Wärme unabhängig sey von der Ausdehnung der Fläche, auf welcher jene angehäuft war. Erst lange Zeit nach der Beseitigung dieses Irrthums gelang es mir, eine Complication des Apparates absichtlich herzustellen ²⁾, die eine gleiche Wirkung hatte, wie die, welche bei Harris Versuchen zufällig stattgefunden haben muß. Es war die Rückwirkung eines unterbrochenen Nebenstroms auf den Hauptstrom, welche die Erwärmung des

1) Durch solche Vorstellung konnte die Erklärung nicht hinfällig werden, die ich von der Holtz'schen Maschine gegeben habe. Es ist bisher kein Versuch angegeben worden, der mit meiner Darstellung des Spiels der Maschine in Widerspruch stünde, keiner, der nicht aus bewährten Erfahrungen über die Influenz abzuleiten wäre, noch ist eine von einem anderen Principe ausgehende Darstellung versucht worden. Sollte Dies einmal geschehen, und ein stichhaltiger Einwand gegen meine Erklärung zum Vorschein kommen, so werde ich sie aufgeben, bis dahin aber den Namen »Elektrophormaschine« beibehalten, der nach allen vorliegenden Wahrnehmungen die Art der Maschine vollkommen kennzeichnet und nebenbei das Gute hat, die erwähnte, jedes Verständniß der Maschine hindernde Vorstellung des Mysteriösen fern zu halten.

2) Riefs (gesammelte) Abhandlung S. 247.

Schließdrahts unabhängig von der Zahl der gebrauchten Batterieflaschen erscheinen liefs.

Versuche über die Rückwirkung des Nebenstromes der leydenen Batterie auf ihren Hauptstrom haben in empirischer wie theoretischer Hinsicht Wichtigkeit. In empirischer Hinsicht, damit bei einer beobachteten Wirkung des Batteriestromes die Aenderung nicht übersehen werde, die eine zufällig in einem benachbarten Leiter erfolgte Erregung hervorbringen könnte, in theoretischer, weil diese außer Analogie stehende Rückwirkung Fragen anregt, die noch keine genügende Erledigung gefunden haben. Ich habe es daher für nützlich gehalten, den vielen von mir über diesen Gegenstand angestellten Untersuchungen, die ich in meiner Elektrizitätslehre §. 840 bis 58 übersichtlich zusammengefaßt und später vervollständigt habe ¹⁾, noch einige folgen zu lassen.

Rückwirkung eines Nebenstromes auf den Hauptstrom.

Der Entladungsstrom der Batterie wird durch die Erwärmung gemessen, die er im Schließdrahte hervorbringt, und die Rückwirkung des Nebenstromes auf jenen Strom ist an dieser Erwärmung erkannt worden. Es war von vornherein klar und der Gang der Erscheinung bei verlängerter Nebenschließung hat es unzweifelhaft gemacht, daß nur die Dauer der Bewegung des Hauptstroms eine Aenderung erlitten hat, die in ihm bewegte Elektrizitätsmenge unverändert geblieben ist. Verlangt man einen directen Versuch für diese Unveränderlichkeit, so ist er leicht zu geben durch Einschaltung eines Galvanometers in die Hauptschließung. Es wurde in die Schließung einer Batterie, außer dem elektrischen Thermometer, ein Spiegelgalvanometer eingeschaltet, neben einem Theile der Schließung ein ihr paralleler Kupferdraht gelegt, und dieser mit einer passenden Länge eines dünnen Platindrahtes geschlossen.

1) Akadem. Monatsber. 1862. 343. (Gesammelte) Abhandlung. 287.

in der Hauptschließung		
Nebendraht	Erwärm. d. Thermom.	Ablenk. d. Galvanom.
offen	20,8 Lin.	26,5 Scalentheile
	20,3	26
geschlossen	8,3	26
	8,5	26,3.

Während die Erwärmung im Hauptdrahte durch Wirkung des Nebendrahtes unter die Hälfte gesunken ist, blieb die magnetische Ablenkung unverändert. Die Magnethülse ist ebenso untauglich, die Rückwirkung des Nebenstroms auf den Hauptstrom zu studiren, wie sie es ist, die Aenderung des Hauptstroms mit der Länge seiner Leitung aufzuzeigen.

Bei Schließung des Nebendrahts durch einen kurzen dicken Kupferdraht bleibt der Hauptstrom bekanntlich unverändert und nimmt ab, wenn man den Draht dünner und länger nimmt. Mit verhältnißmäßiger kurzen Drahtlängen wurde der Gang des Hauptstroms erkannt, als die Schließung des Nebendrahts durch einen dünnen Platindraht vollzogen wurde. Bei allmählicher Verlängerung des Drahtes sank der Hauptstrom so lange, bis er einen kleinsten Werth erreicht hatte, und stieg dann bis zu seinem Werthe bei ungeschlossenen Nebendrahte. Da die Abnahme eines Nebenstroms durch Verlängerung seiner Leitung als oft geprüfte Thatsache vorlag, so war der durchaus verschiedene Verlauf des Haupt- und Nebenstromes selbstverständlich. Während der Hauptstrom bis zu einem kleinsten Werthe sinkt und dann zunimmt, sinkt der gleichzeitig vorhandene Nebenstrom fortdauernd. Vor dem Eintritte des Minimum des Hauptstroms entsprechen demnach *abnehmende* Nebenströme *abnehmenden*, nach dem Eintritte *zunehmenden* Hauptströmen. Damit diese merkwürdige Thatsache nicht übersehen werde, wie es leider geschehen ist, schien es mir nützlich, sie durch eine Versuchsreihe vor Augen zu legen.

Um mit handlichen Längen Platindraht ein rasches Steigen des Hauptstroms zu erhalten, mußte der Nebenstrom

in einem kurzen Drahte erregt werden (Elektr. Lehre 2. 305). Es wurden die ebenda (2. 279) beschriebenen kleinen, aus 13 Fufs Kupferdraht gewundenen ebenen Spiralen gebraucht, die hier etwa $\frac{1}{2}$ Linie (sie waren nicht mehr ganz parallel) von einander entfernt aufgestellt wurden. Die eine (Haupt-) Spirale war in die Schliessung einer aus 3 Flaschen (jede von 2,6 Quadratfufs innerer Belegung) bestehenden Batterie eingeschaltet, in der Schliessung befand sich ausser gutleitenden Messingstücken ein el. Thermometer mit einem $97\frac{1}{2}$ Lin. langen, 0,057 Lin. dicken Platindrahte. Die zweite (Neben-) Spirale erhielt ihre Schliessung durch einen kurzen Kupferdraht, den Platindraht eines Thermometers (231 Lin. lang, 0,057 Lin. dick) und zwei Kupferdrähte, zwischen deren Enden verschiedene Längen eines auf einem Rahmen im Zickzack ausgespannten 0,0554 Lin. dicken Platindrahtes eingeschaltet wurden. Beiläufig bemerkt, bestehen diese Verbindungsdrähte aus Kupfer von $\frac{5}{12}$ Lin. Dicke, sind mit Kautschuk bekleidet und aus 4 Stücken zusammengesetzt, von welchen zwei festgelegt, zwei auf dem Rahmen beweglich waren. Die Länge aller 4 Stücke beträgt 203,7 Zoll.

Die Werthe der Haupt- und Nebenströme ändern sich durch Aenderung der Haupt- und Nebenschliessung in verschiedenem Maafse, aber der charakteristische Verlauf dieser Werthe, welcher aufzuzeigen ist, findet bei jeder Beschaffenheit der Schliessungen statt. Es kam hier nicht auf scharfe Bestimmung der Werthe an, die ich deshalb nur aus je drei Beobachtungen der Thermometer, mit drei verschiedenen Elektricitätsmengen in der Batterie herleitete, und von welchen ich runde Verhältniszahlen mittheile. Als der Platindraht des Rahmens noch nicht in die Nebenschliessung einging, diese also aus dem Drahte im Thermometer und den langen Kupferdrähten bestand, ist der Werth des Hauptstroms, wie der des Nebenstroms, 100 gesetzt.

Einschaltung in die Nebenschließung. Platindraht	Stärke des	
	Hauptstroms	Nebenstroms
0	100	100
1,955 par. Fufs	76	71
3,91	67	53
7,82	62	34
15,64	67	18
31,28	74	7,9
62,56	91	etwa 2,6
101,66	104	
Nebenschl. offen	144.	

Durch fortgesetzte Verlängerung der Schließung des Nebendrahtes sank der Werth des Hauptstroms von 100 bis 62 und stieg darauf bis 104, während der Nebenstrom, der diese Aenderung bewirkte, von 100 bis zum Unmerklichen sank. Bei der letzten Verlängerung war der Werth des Nebenstroms nicht bestimmbar und schon bei der vorangehenden unsicher. Der Hauptstrom ging über seinen anfänglichen Werth hinaus und würde es noch mehr gethan haben, wenn mir auf dem Rahmen mehr Platindraht zu Gebote gestanden hätte. Daraus folgt, dafs schon bei der ersten Beobachtung, wo der Nebendraht allein durch die langen Kupferdrähte und den Platindraht des Thermometers geschlossen war und jeder Strom 100 gesetzt ist, eine kräftige Rückwirkung des Nebenstroms auf den Hauptstrom statt fand. In der That sieht man in der letzten Beobachtung, als die Nebenschließung offen, jene Rückwirkung also beseitigt war, den Werth des Hauptstroms 144. Dieser Strom ist durch die Einwirkung des Nebenstroms bis 62, also im Verhältnisse 100 zu 43 geschwächt worden.

Es ist hier wiederum die merkwürdige Thatsache aufgezeigt worden, dafs der in Bezug auf Elektricitätsmenge und Dichtigkeit constante Entladungsstrom der leydenr Batterie einen Nebenstrom erregt, der auf die Dauer der Bewegung des erregenden Stromes wirkt, und die stärkste Wirkung

keineswegs dem stärksten Nebenstrome 100, bei der kürzesten Länge seiner Schließung, sondern dem bedeutend schwächeren Nebenstrome 34 zukommt. Wie der allein stehende Hauptstrom nimmt auch der Nebenstrom mit der Verlängerung seiner Schließung unbedingt ab, aber es ist durch jene Thatsache klar, daß er nicht, wie der Hauptstrom, als Funktion dieser Verlängerung allein dargestellt werden kann, worauf ich schon früher (Elektr. Lehre 2. 285) aufmerksam gemacht habe.

Rückwirkung zweier Nebenströme auf den Hauptstrom.

Wie verwickelt auch der Versuch über die Wirkung Eines Nebenstromes auf den Hauptstrom theoretisch schon ist, so ist Veranlassung da, ihn noch mehr zu verwickeln, indem man einen zweiten Nebenstrom von demselben Stücke der Batterieschließung erregt, wie der erste, auf den Hauptstrom wirken läßt. Dieser Fall entspricht nämlich einem bekannten Versuche, der fälschlich als Schirmung vor der Induction aufgefaßt worden ist. Hat man in einem Nebendrahte einen Strom beobachtet, so kann dieser unmerklich gemacht werden durch Zwischensetzung einer gut leitenden Metallplatte zwischen Haupt- und Nebendraht. Ich habe mehrere solche Versuche mit Platten von verschiedener Beschaffenheit und Dicke mitgetheilt und angegeben, daß die Wirkung der Platte einem darin erregten Nebenstrom zuzuschreiben sey, der sich durch einen Funken bemerkbar machte, wenn die Platten mit Einschnitten versehen waren (Elek. Lehre 2. 320). Später habe ich die Wirkung eines Zwischendrahtes auf Haupt- und Nebenstrom untersucht und gebe den Versuch hier vollständig wieder, um die Weise anschaulich zu machen, in der die unten mitgetheilten Verhältniszahlen gewonnen wurden.

Um einen Holzcyylinder von 13 Zoll Höhe, $6\frac{1}{2}$ Zoll Breite sind drei Kupferdräthe, die mit *A*, *B*, *C* bezeichnet werden mögen, neben einander spiralförmig aufgewunden. Jeder Draht ($\frac{7}{12}$ Linie dick, 53 Fufs lang) bildet eine Spirale von

4 $\frac{1}{2}$ Linien Ganghöhe. Die Anfänge der Drähte am obern Rande des Cylinders sind um $\frac{1}{3}$ des Umfangs von einander entfernt und ebenso ihre Endigungen am untern Rande. Je zwei Drähte haben also gegen einander dieselbe Lage und es ist gleichgültig, welcher von ihnen in die Schließung der Batterie eintritt. Der Draht *A* wurde in den Schließungsbogen der aus 3 Flaschen bestehenden Batterie eingeschaltet, welcher ein el. Thermometer enthielt. *B* wurde durch kurze Kupferdrähte und den dünnen Platindraht eines Thermometers zum Kreise geschlossen, *C* blieb offen oder wurde durch einen 23 Zoll langen $\frac{5}{8}$ Lin. dicken Kupferdraht geschlossen. Die Elektrizitätsmenge der Batterie ist an einer Maafsflasche mit $\frac{1}{2}$ Lin. Schlagweite bestimmt worden.

Elektricitäts- Menge	Erwärmung durch den Hauptstrom			
	<i>B</i> u. <i>C</i> offen	<i>C</i> geschlossen	<i>B</i> geschl.	<i>B</i> u. <i>C</i> geschl.
10	12,3 Lin.	12,8	6,3	10,8
12	17,4	17,3	8	15
14	22,8	23,5	10,7	19,8
Einh. d. Lad.	0,36	0,37	0,17	0,31

Bei der Kupferschließung des Nebendrahts *C* ist der Hauptstrom unverändert geblieben, durch die Schließung des Nebendrahts *B* mit dem Platindrahte des Thermometers im Verhältniß 36 zu 17 geschwächt, bei Schließung beider Drähte bis 31 gehoben worden. Der ganz aus Kupfer bestehende Schließungskreis *C* hat die Schwächung des Hauptstroms zum Theil wieder aufgehoben, die der Kreis *B* durch den Platindraht des Thermometers bewirkt hatte. Diefs geschah durch Schwächung des Nebenstroms im Kreise *B*, wie die folgenden Versuche zeigen.

Elektricitäts- Menge	Erwärmung durch den Nebenstrom in <i>B</i>	
	Draht <i>C</i> offen	geschlossen
8	16,5	7,2
10	25,8	9,9
12	36,8	14
Einh. d. Lad.	0,77	0,31

Wird der Draht *C* durch steigende Längen von Kupferdraht und Platindraht geschlossen, so nimmt der Nebenstrom in *B* anfangs zu, sinkt alsdann bis zu einem kleinsten Werthe und steigt dann, bis er seinen anfänglichen Werth erreicht. Ich habe dieß merkwürdige Verhalten bei Einwirkung eines zweiten Nebenstromes schon vor längerer Zeit aufgezeigt. Der Hauptstrom war dabei nicht untersucht worden und der Schließungsbogen der Batterie bestand aus gutleitenden Metalltheilen und einer Kupferspirale des Holzcyinders. Im Folgenden ist dieser Versuch dahin erweitert worden, daß der Nebenstrom und zugleich der ihn erregende Hauptstrom gemessen wurde.

Die Spirale *A* des beschriebenen Holzcyinders ¹⁾ und ein el. Thermometer mit einem $97\frac{1}{2}$ Lin. langen, 0,057 Lin. dicken Platindraht war in den Schließungsbogen einer Batterie von 3 Flaschen aufgenommen. Die Spirale *B* wurde durch zwei $\frac{5}{12}$ Lin. dicke Kupferdrähte (zusammen 3 Fufs $8\frac{1}{2}$ Zoll lang) und den 0,057 Lin. dicken, 231 Lin. langen Platindraht eines Thermometers geschlossen, die Spirale *C* durch verschiedene Kupferdrähte und steigende Längen des auf dem Rahmen ausgespannten Platindrahts geschlossen. Ich will die Spirale *C*, obgleich sie mit der Spirale *B* gleiche Lage gegen die Hauptspirale hatte, zur Unterscheidung als Zwischenspirale bezeichnen. Die Werthe der Ströme sind aus je drei Thermometerbeobachtungen hergeleitet. Die Verzögerungswerthe geben in Fufs die Längen eines 0,2 Lin. dicken Platindrahts an, die der Zwischenspirale mit ihren Schließungen gleichwerthig sind.

- 1) Wegen Eintrocknung des Holzes mußten die drei Drähte bis 52 Fufs $1\frac{1}{2}$ Zoll verkürzt werden und wurden zu besserer Befestigung vollständig in Siegellack eingelassen.

	Zwischenspirale geschlossen durch			Werthe des	
	lang	dick	Verzög.werth	Hauptstroms	Nebenstroms
				0,41 100	0,60 100
Kupfer 29 Zoll	0,63 Lin.	0,13		0,66 161	0,23 38
203,7	0,42	0,69		0,59 144	0,36 60
Platin 0,965 Fufs	0,0554	13,25		0,53 129	0,33 55
1,955		26,15		0,50 122	0,31 52
3,91		51,63		0,44 107	0,32 53
7,82		102,58		0,41 100	0,38 63
15,64		204,48		0,38 93	0,44 73
31,28		408,38		0,38 93	0,50 83
62,56		815,98		0,38 93	0,54 90
101,66		1323,68		0,39 95	0,57 95

Bei den Werthen der ersten Zeile war die Zwischenspirale offen. Der Gang des Nebenstroms zeigt, wie in der früher veröffentlichten Tafel (El.-Lehre 2. 318), zwei kleinste Werthe. Das erste Minimum tritt überall bei der bestleitenden Schließung der Zwischenspirale ein, das zweite Minimum bei einer Schließung, die von der Zusammensetzung des Haupt- und Nebenbogens abhängt. Es kann nur zufällig seyn, daß bei diesem zweiten Minimum die Verzögerungswerthe der Zwischenspirale hier und früher nahe zusammenliegen (26,15 und 24,35).

Wenn in der Nähe eines Nebenstroms von dem ihn erregenden Stücke des Hauptbogens ein zweiter Nebenstrom erregt wird, dem man zuerst die vollkommenste Leitung giebt und diese successiv verringert, so findet ein zweimaliges Sinken und Steigen des ersten Nebenstroms statt.

Einen ganz verschiedenen merkwürdigen Verlauf hat der gleichzeitig vorhandene Hauptstrom. Er erreicht seinen höchsten Werth zugleich mit dem Eintritte des ersten Minimum des Nebenstroms, sinkt danach fortwährend, ohne seinen Gang beim zweiten Minimum des Nebenstroms zu ändern und wird bald constant. In den vier letzten Beobachtungen liegt der zum ersten Male beobachtete Fall vor, daß ein constanter Hauptstrom in einer unveränderten Nebenschließung Nebenströme von verschiedenem Werthe er-

regt. Es ist Dies nur durch die Wirkung eines zweiten fortwährend abnehmenden Nebenstroms möglich, der den Hauptstrom und den ersten Nebenstrom verändert.

Die außerordentliche Verwickelung des Versuchs rührt daher, daß dabei nicht nur zwei secundäre Ströme (vorzugsweise Nebenströme genannt), sondern auch zwei tertiäre Ströme ins Spiel gezogen sind, die auf einander, auf die secundären Ströme und auf den Hauptstrom wirken. Die Hauptspirale erregt in *B* und in *C* einen secundären Strom, und die Spirale *B* erregt in *C*, und *C* in *B* einen tertiären Strom.

Das erste Minimum (38) des Nebenstroms in der Spirale *B* entspricht den bekannten Versuchen, in welchen die Induction auf einen Draht durch Nahestellung einer gutleitenden Platte aufgehoben erscheint; ein Inductionsstrom geschwächt wird durch die Nähe eines geschlossenen Drahtes. Fände diese Wirkung allein statt, so würde der Strom der Nebenspirale nach seinem ersten Minimum durch Verlängerung der Leitung der Zwischenspirale fortwährend steigen müssen, da der Strom in der Zwischenspirale (wovon ich mich direct überzeugt habe) durch die Verlängerung unbedingt sinkt und seine schwächende Wirkung also unbedingt abnimmt. Daß der secundäre Strom der Nebenspirale durch Verlängerung der Schließung der Zwischenspirale, nachdem er auf 60 gestiegen ist, auf 55 und 52 fällt und erst dann wieder steigt, ist der Rückwirkung des in jener Schließung erregten tertiären Stromes auf den secundären Strom beizumessen. In einem frühern Versuche (El.-Lehre 2. 331) fand diese Rückwirkung allein statt, indem ein vom Hauptdrahte entfernter Theil der Nebenschließung den tertiären Strom erregte, und war sehr bedeutend. Durch fortgesetzte Verlängerung der Leitung des tertiären Stromes sank der secundäre Strom von 100 auf 23 und stieg dann wieder.

Der Hauptstrom der Batterie hat seinen höchsten Werth in der zweiten Beobachtung bei Schließung der Zwischenspirale durch den 29 Zoll langen Kupferdraht. Diese Schließung würde für sich den Hauptstrom kaum geändert haben,

die große Verstärkung rührt davon her, daß der Hauptstrom bei der ersten Beobachtung, wo er 100 gesetzt ist, durch Einfluß des secundären Stromes in der Nebenspirale auf weniger als die Hälfte seiner Stärke gebracht war. Als die Nebenspirale und die Zwischenspirale geöffnet wurden, der Hauptstrom also jedem Einflusse entzogen war, erhielt ich für ihn den Werth 207. Sank der ihn schwächende secundäre Strom so bedeutend, wie es die zweite Beobachtung der Tafel zeigt, so mußte der Hauptstrom sich seinem anfänglichen Werthe wieder nähern. Durch die folgende Verlängerung der Schließung der Zwischenspirale wird der secundäre Strom wieder stärker und das Sinken des Hauptstroms ist eine nothwendige Folge davon. Aber nach dieser Schlusfolge würde das Sinken des secundären Stromes bis zum zweiten Minimum ein entsprechendes Steigen des Hauptstromes bewirken müssen, wovon in der Tafel keine Spur merkbar wird. Ebenso auffallend ist das Constantwerden des Hauptstromes in den vier letzten Beobachtungen, wobei der secundäre Strom eine bedeutende Steigerung erfuhr. Es rührt Dies vermuthlich von der Einwirkung des tertiären Stromes in der Nebenspirale auf den Hauptstrom her, worüber indess keine unzweideutigen Versuche vorliegen und auch kaum unzweideutig anzustellen wären. So bleibt die aufgezeigte Thatsache nur eine Mahnung zur Vorsicht bei der Deutung von Wirkungen des Hauptstroms in complicirten Versuchen.

Wirkung zweier Nebenströme auf einander.

Es ist oben die bekannte, häufig benutzte, Erfahrung angeführt worden, daß ein Nebenstrom irgend einer Ordnung dadurch geschwächt wird, daß dem Drahtstücke, in dem seine Erregung stattfindet, ein Draht parallel nahe gelegt und zum Kreise geschlossen wird. Faraday (*exp. resear.* 1092) hat bei der galvanischen Induction diese Thatsache rein empirisch aufgefaßt als eine Uebertragung des Nebenstroms von dem einen Drahte auf den andern. In diesem Falle werden die beiden parallelen Drähte, weil

dasselbe Stück des inducirenden Drahtes auf sie erregend einwirkt, von Nebenströmen derselben Ordnung und gleicher Richtung durchflossen. Es war mir wahrscheinlich, daß jene Schwächung an die Bedingung der gleichen Richtung der aufeinander wirkenden Nebenströme geknüpft sey, eine Annahme, die geprüft werden konnte, indem ich die Nebenströme durch zwei verschiedene Stücke des erregenden Drahtes induciren liefs.

In die Schließung der oben gebrauchten Batterie wurden, entfernt von einander, zwei ebene Spiralen aufgenommen, aus 53 Fufs eines $\frac{5}{8}$ und 53 $\frac{1}{2}$ Fufs eines $\frac{3}{8}$ Lin. dicken Kupferdrahts gewunden. Jeder Spirale stand in einer Linie Entfernung ihre Nebenspirale parallel gegenüber; die beiden in diesen erregten secundären Ströme wurden durch lange Kupferdrähte fortgeleitet und zur Wirkung auf einander gebracht. Dazu wurde ein Holzcyylinder benutzt (6 $\frac{1}{2}$ Zoll breit 9 Zoll hoch), um den zwei $\frac{5}{8}$ Lin. dicke Kupferdrähte, jeder 52 Fufs 1 Zoll lang, eine Linie von einander entfernt, neben einander zu cylindrischen Spiralen aufgewunden sind. Durch den einen dieser Drähte wurde der eine, durch den zweiten der andere secundäre Strom geleitet. Die Messung eines dieser Ströme wurde an einem in seine Schließung aufgenommenen el. Thermometer (darin Platindraht 231 Lin. lang, 0,057 Lin. dick) ausgeführt, während der zweite Drath offen blieb, oder durch Verbindungsdrähte mit der zweiten Nebenspirale in gleicher oder entgegengesetzter Weise verbunden war, wie der erste Drath mit der ersten Nebenspirale, so daß die auf einander wirkenden Ströme die gleiche oder entgegengesetzte Richtung erhielten. Die folgenden Erwärmungen des Thermometers für die Einheit der Batterieladung sind aus je 6 Beobachtungen mit drei verschiedenen Elektrizitätsmengen abgeleitet.

Nebenstrom

allein

0,37

100

bei Einwirkung eines

gleichgericht.

0,25

67

entgegenger. Nebenstrom

0,60

162.

Der Schließungskreis des auf den gemessenen Nebenstrom einwirkenden Nebenstroms bestand hier ganz aus Kupferdraht; als in ihn ein $97\frac{1}{2}$ Lin. langer, 0,057 Lin. dicker Platindraht eingeschaltet war, erhielt ich die folgenden Werthe:

Nebenstrom allein	bei Einwirkung eines	
	gleichgericht.	entgegenger. Nebenstroms
0,360	0,225	0,495
100	62	137.

In beiden Versuchsreihen wurde ein secundärer Strom in einem Drahte dadurch bedeutend geschwächt und verstärkt, dafs ein zweiter secundärer Strom einen parallel daneben liegenden Draht beziehlich mit gleicher und entgegengesetzter Richtung durchflofs. Gleiches geschieht, wenn statt der secundären, Ströme höherer Ordnung auf einander einwirken. Was für den untersuchten Strom des einen Drahts aufgezeigt worden, gilt auch für den Strom des zweiten Drahts, und es ist daher der Satz festgestellt:

Zwei Nebenströme derselben Ordnung, die in zwei getrennten einander benachbarten Drähten laufen, schwächen sich gegenseitig, wenn ihre Richtung in den Drähten die gleiche, und verstärken sich, wenn ihre Richtung einander entgegengesetzt ist.

Dieser Satz bildet ein Corollar zu früher gewonnenen Erfahrungen (El. Lehre Bd. 2 S. 313 und 337), die sich auf die Bewegung eines Hauptstroms oder Nebenstromes irgend einer Ordnung in einem einzigen Drahte bezogen. Der Draht wurde in die Form eines N oder U gebracht. Bei der ersten Form durchflofs der Strom die beiden parallelen Stücke des Drahts mit gleicher Richtung und war schwächer als wenn der Draht gerade ausgespannt war, bei der zweiten Form durchflofs er die Stücke mit entgegengesetzter Richtung und war stärker. Ich habe zu zeigen versucht¹⁾, dafs dies einfache Ergebnifs von der Wirkung zweier Ströme verschiedener Ordnung auf einander herührte. Auch die hier dargelegte Erscheinung ist nicht eine

1) Akad. Monatsber. 1862. 356. (Gesammelte) Abhandl. 302.

einfache Wirkung zweier Ströme auf einander, da in den Drähten, in welchen die beiden secundären Ströme einander nahe traten, zwei tertiäre Ströme erregt worden sind, welche auf einander und auf die secundären Ströme wirkten. Ich will die Angabe dieser Wirkungen an eine Versuchsreihe knüpfen, in welcher außer den oben beschriebenen Anordnungen des Apparats auch noch die getroffen war, daß der zweite Draht auf dem Holzcylinder zwar geschlossen war, aber keinen secundären Strom führte. Die zur Schließung gehörige ebene Nebenspirale war dabei von ihrer Hauptspirale so weit entfernt worden, daß sie von ihr nicht erregt wurde. Die folgenden Werthe sind aus je drei Beobachtungen abgeleitet.

Nebenstrom allein	geschlossen. Drahts	bei Einwirkung eines	
		gleichger.	entgegengr. Nebenstroms
0,37	0,46	0,24	0,57
100	124	65	154.

Bei der ersten Beobachtung circularte ein secundärer Strom in dem einen Drahte des Holzcyinders und erregte in demselben Drahte einen tertiären Strom, der jenen bedeutend schwächte. Dieser geschwächte Strom ist 100 gesetzt. In der zweiten Beobachtung war der naheliegende Draht durch Kupfer vollkommen geschlossen, es wurde darin durch den secundären Strom ein tertiärer Strom erregt. Der tertiäre Strom im untersuchten Drahte, gleichgerichtet mit dem neu erregten, wurde durch jenen nach dem ausgesprochenen Satze geschwächt und der secundäre Strom erschien dadurch verstärkt (124) ¹⁾. Als bei der dritten Beobachtung ein secundärer Strom durch den benachbarten Draht geschickt wurde, der mit dem des untersuchten Drahtes gleiche Richtung hatte, wurde in dem untersuchten Drahte ein tertiärer Strom erregt, der mit dem bereits darin vor-

1) Aehnliche Versuche finden sich zerstreut in meinen früheren Arbeiten. Die größten Verstärkungen eines secundären Stroms durch Nahelegung eines geschlossenen Drahtes betrugen 100 zu 280 und 100 zu 265. (Gesammelte) Abhandlungen S. 297 und 299.

handenen in gleicher Weise auf den untersuchten secundären Strom wirkte und diesen auf seinen kleinsten Werth brachte (65). Durch Umkehrung endlich des secundären Stroms in dem benachbarten Drahte wurde in dem untersuchten Drahte ein tertiärer Strom erregt, der dem darin vorhandenen entgegengerichtet war. Diese beiden Ströme wirkten deshalb, statt mit ihrer Summe wie im dritten Versuche, mit ihrer Differenz auf den secundären Strom, der seinen größten Werth erreichte (154).

Diese Auseinandersetzung macht es evident, dass die *Schwächung* eines Nebenstroms durch Nahelegung eines geschlossenen Drahtes zwei Bedingungen voraussetzt. Der Draht muss einen Nebenstrom *derselben* Ordnung und *derselben* Richtung führen wie der Draht des zu schwächenden Stroms. Im zweiten Versuche wurde ein secundärer Strom bedeutend verstärkt durch einen benachbarten Draht, weil in diesem zwar ein Strom gleicher Richtung aber dritter Ordnung erregt wurde, und im vierten Versuche wurde der secundäre Strom noch mehr verstärkt, weil im benachbarten Drahte zwar ein secundärer Strom aber entgegengesetzter Richtung vorhanden war. Erst im dritten Versuche trat die *Schwächung* des untersuchten secundären Stromes ein; der naheliegende Draht führte einen *secundären* Strom, der mit jenem *gleichgerichtet* war.

Ich bemerke ausdrücklich, um einem Mißverständnisse zu begegnen, dass den beiden Drähten, in welchen die secundären Ströme einander nahe gebracht wurden, nur der Bequemlichkeit wegen und um die Ergebnisse auffälliger zu machen, die Spiralform gegeben worden ist. Hätte ich größere Drahtlängen gebraucht oder mich mit kleineren Unterschieden der Stromstärke begnügen wollen, so konnten die beiden Drähte neben einander gerade ausgespannt werden und auf die Ergebnisse hätte die gegebene Erklärung in gleicher Weise Anwendung gefunden.

Bei den Versuchen dieser Abhandlung wurde eine von Hrn. Mechaniker Borchardt gefertigte Elektrophormaschine mit drei Kämmen und Kuchen angewendet, die ich

in Pogg. Ann. (140. 168) beschrieben habe und zu schnellerer und sicherer Ladung von Batterien nochmals empfehlen kann¹⁾. Ein Polwechsel der Maschine ist weder hier noch bei Versuchen ohne Batterie vorgekommen und scheint durch den dritten Kamm und die Ableitung der einen Elektrode völlig beseitigt zu seyn.

V. *Zur Priorität der Auffindung der Beziehung zwischen dem zweiten Hauptsatze der mechanischen Wärmetheorie und dem Principe der kleinsten Wirkung;*
von Ludwig Boltzmann.

Hr. Clausius hat in einer am 7. November 1870 in der niederrheinischen Gesellschaft für Natur und Heilkunde vorgetragenen, und in diesen Annalen Bd. 142 S. 433 abgedruckten Abhandlung nachgewiesen, daß sich der zweite Hauptsatz der mechanischen Wärmetheorie aus den Principien der analytischen Mechanik beweisen läßt und daß die bezüglichen Rechnungen identisch sind mit den Rechnungen, die man beim Beweise des Principes der kleinsten Wirkung auszuführen pflegt. Ich habe nun dieselbe Sache bereits in einer der Wiener Akademie der Wissenschaften am 8. Februar 1866 überreichten Abhandlung, die in den 53. Band ihrer Sitzungsberichte aufgenommen wurde und den Titel hat »über die mechanische Bedeutung des

1) Ich habe angegeben, daß der vertikale Kamm zufällig entfernter von der Scheibe stand, als die horizontalen Kämme und die Maschine sich besonders leicht am einzeln stehenden horizontalen Kuchen erregen ließ. Seitdem der vertikale Kamm näher an die Scheibe gerückt worden, ist die Maschine ebenso leicht am vertikalen Kuchen zu erregen, natürlich bei gleichem Erregungsmittel mit entgegengesetzter Polarität, wie am horizontalen Kuchen.

zweiten Hauptsatzes der Wärmetheorie“, behandelt; und ich glaube behaupten zu können, daß der vierte Abschnitt meiner mehr als vier Jahre früher publicirten Abhandlung den Resultaten nach größtentheils identisch mit der eben genannten Abhandlung des Hrn. Clausius ist. Offenbar hatte daher derselbe sowohl meine als auch den betreffenden Theil einer späteren Abhandlung Loschmidt's ganz übersehen. Man braucht bloß in meinen Formeln die Bezeichnungen Hrn. Clausius einzuführen, um nach ein Paar Reductionen der einfachsten Art zu sämtlichen Formeln des letzteren zu gelangen. Ja selbst in der Ableitungsweise herrscht, wie es bei der Identität des Gegenstandes nicht anders möglich ist, manche Uebereinstimmung. Um diese Behauptung zu beweisen, lasse ich hier den vierten Abschnitt meiner Abhandlung vom 6. Februar 1866 wörtlich folgen, wobei nur die vier Gleichungen (23 a), (24 a), (25 a) und (25 b), um sie später benennen zu können, numerirt worden sind.

Beweis des zweiten Hauptsatzes der mechanischen Wärmetheorie.

Der gewonnene Begriff der Temperatur macht es uns möglich, sofort zum Beweise des zweiten Hauptsatzes der mechanischen Wärmetheorie überzugehen und zwar soll derselbe in seiner allgemeinsten zuerst von Clausius aufgestellten Form

$$\int \frac{dQ}{T} \leq 0 \quad (20)$$

dargestellt werden.

Wir wollen, um nicht durch Einführung zu vieler neuer Größen auf einmal die Rechnung zu verwirren, zunächst den Fall betrachten, daß Druck und Gegendruck während des ganzen Processes einander gleich sind, so wie daß im Innern des Körpers beständig entweder Wärmegleichgewicht oder ein stationärer Wärmestrom stattfindet, so daß der Körper, wenn man den Process zu einer beliebigen Zeit unterbräche, in seinem augenblicklichen Zustand beharren würde. Für diesen Fall gilt in (20) das Gleichheitszeichen. Denken wir uns den Körper zunächst während einer gewissen Zeit bei constanter Temperatur und con-

stantem Volum und Druck erhalten, so werden die Atome im Allgemeinen krummlinige Bahnen mit variabler Geschwindigkeit beschreiben. Wir wollen nun voraussetzen, jedes beliebig gewählte Atom kehre bei jedem Zustande des Körpers nach einer gewissen (wenn auch beliebig großen) Zeit, deren Anfang und Ende wir t_1 und t_2 nennen wollen, mit derselben Geschwindigkeit und Bewegungsrichtung an denselben Ort zurück, beschreibe also eine geschlossene Curve, und wiederhole nach dieser Zeit seine Bewegung, wenn auch nicht in ganz gleicher, so doch in so ähnlicher Weise, daß die mittlere lebendige Kraft während der Zeit $t_2 - t_1$ als die mittlere lebendige Kraft des Atoms während einer beliebig langen Zeit angesehen werden kann und daß daher die Temperatur jenes Atoms

$$T = \frac{\int_{t_1}^{t_2} \frac{mc^2}{2} dt}{t_2 - t_1}$$

ist.

Es werde nun jedem Atome eine unendlich kleine lebendige Kraft ε zugeführt und zwar so, daß dieselbe jedesmal auf die Arbeitsleistung und Erhöhung der lebendigen Kraft dieses Atoms verwendet wird, sich also die verschiedenen Atome untereinander durchschnittlich nichts von der zugewachsenen lebendigen Kraft mittheilen. Wäre die Zufuhr nicht gleich anfangs so geschehen, so würden wir so lange warten, bis das Wärmegleichgewicht oder die stationäre Strömung zurückgekehrt wäre und den alsdann sich herausstellenden mittleren Zuwachs an lebendiger Kraft mehr der von jedem Atom bei der Zustandsänderung geleisteten durchschnittlichen Arbeit mit ε bezeichnen. Zugleich sollen sich Druck und Volum des Körpers unendlich wenig ändern. Es wird dann offenbar das betrachtete Atom eine von der früheren unendlich wenig verschiedene Curve beschreiben. Wir bezeichnen nun die Zeit, zu der sich das Atom an einem Ort der neuen Curve befindet, der von dem Orte des Atoms zur Zeit t_1 unendlich wenig absteht, mit t'_1 die Zeit, zu der das Atom an denselben Ort der neuen Bahn

mit derselben Geschwindigkeit zurückkehrt, mit t'_2 und wollen die Veränderung des im Zähler von T stehenden Integrals

$$\int_{t_1}^{t_2} \frac{mc^2}{2} dt = \frac{m}{2} \int_{s_1}^{s_2} c ds$$

suchen, wo ds das Differential des Bogens der vom Atom beschriebenen Curve, s_1 und s_2 die den Zeiten t_1 und t_2 entsprechenden Werthe dieses Bogens sind. Diese Veränderung sey:

$$\frac{m}{2} \delta \int_{s_1}^{s_2} c ds = \frac{m}{2} \int_{s'_1}^{s'_2} c' ds' - \frac{m}{2} \int_{s_1}^{s_2} c ds,$$

wobei die mit Strichen bezeichneten Größen der veränderten Curve angehören, s'_1 und s'_2 aber die den Zeiten t'_1 und t'_2 entsprechenden Bögen der neuen Curve sind. Um von der Variation der Gränzen Umgang nehmen zu können, wollen wir auch ds als variabel betrachten und erhalten:

$$\frac{m}{2} \delta \int_{s_1}^{s_2} c ds = \frac{m}{2} \int_{s_1}^{s_2} (\delta c \cdot ds + c \delta ds); \quad (21)$$

hier ist:

$$\frac{m}{2} \int_{s_1}^{s_2} \delta c \cdot ds = \int_{t_1}^{t_2} \frac{dt}{2} \delta \frac{mc^2}{2},$$

ferner hat man, wenn X , Y , Z die Componenten der auf das Atom wirkenden Kräfte nach den Coordinatenachsen sind:

$$d \frac{mc^2}{2} = X dx + Y dy + Z dz$$

$$\begin{aligned} d \delta \frac{mc^2}{2} &= \delta X dx + X \delta dx + \delta Y dy + Y \delta dy + \delta Z dz + Z \delta dz \\ &= d(X \delta x + Y \delta y + Z \delta z) + \delta X dx - dX \delta x + \delta Y dy - dY \delta y \\ &\quad + \delta Z dz - dZ \delta z. \end{aligned}$$

Integrirt man hier und berücksichtigt zur Bestimmung der Integrationsconstante, dafs, wenn die rechte Seite $= 0$ ist, $\delta \frac{mc^2}{2} = \varepsilon$ seyn mufs, so erhält man:

$$\delta \frac{mc^2}{2} - \varepsilon = X\delta x + Y\delta y + Z\delta z + \int (\delta X dx - dX\delta x + \delta Y dy - dY\delta y + \delta Z dz - dZ\delta z).$$

Hier stellt der Ausdruck links die Differenz der lebendigen Kräfte, der Ausdruck rechts in der ersten Zeile die vom Atom gewonnene Arbeit, daher nothwendig das Integral in der zweiten Zeile die an andere Atome mitgetheilte lebendige Kraft dar; dieselbe braucht zwar nicht für jede Zeit zu verschwinden, aber ihr Mittelwerth während der Zeit $t_2 - t_1$, daher auch das Integral über diesen Zeitraum erstreckt, ist unserer Annahme gemäß $= 0$. Die Berücksichtigung dieser Thatsache ergibt daher:

$$\begin{aligned} \int_{t_1}^{t_2} \frac{dt}{2} \delta \frac{mc^2}{2} &= \frac{t_2 - t_1}{2} \varepsilon + \frac{1}{2} \int_{t_1}^{t_2} (X\delta x + Y\delta y + Z\delta z) dt \\ &= \frac{t_2 - t_1}{2} \varepsilon + \frac{m}{2} \int_{t_1}^{t_2} \left(\frac{d^2 x}{dt^2} \delta x + \frac{d^2 y}{dt^2} \delta y + \frac{d^2 z}{dt^2} \delta z \right) dt, \end{aligned} \quad (22)$$

eine Formel, die übrigens auch direct aus dem Umstande folgt, daß ε die Summe der dem Atom im Mittel zugewachsenen lebendigen Kraft und der von ihm durchschnittlich geleisteten Arbeit ist.

Weiter ergibt sich wegen $ds = \sqrt{dx^2 + dy^2 + dz^2}$ und $c = \frac{ds}{dt}$

$$\frac{m}{2} \int_{t_1}^{t_2} c \delta ds = \frac{m}{2} \int_{t_1}^{t_2} \left(\frac{dx}{dt} \delta dx + \frac{dy}{dt} \delta dy + \frac{dz}{dt} \delta dz \right) \quad (23)$$

Substituirt man die Werthe (22) und (23) in die Gleichung (21), so wird:

$$\begin{aligned} \frac{m}{2} \delta \int_{t_1}^{t_2} c ds &= \frac{t_2 - t_1}{2} \varepsilon + \int_{t_1}^{t_2} d \frac{m}{2} \left(\frac{dx}{dt} \delta x + \frac{dy}{dt} \delta y + \frac{dz}{dt} \delta z \right) = \\ &= \frac{t_2 - t_1}{2} \varepsilon + \left\{ \frac{m}{2} \left(\frac{dx}{dt} \delta x + \frac{dy}{dt} \delta y + \frac{dz}{dt} \delta z \right) \right\}_{t_1}^{t_2} \end{aligned}$$

Weil nun aber das Atom zu den Zeiten t_1 und t_2 gerade dieselbe Lage und Geschwindigkeit, wie zu den Zei-

ten t_2 und t'_2 hat, daher auch die Variationen zur Zeit t_1 denselben Werth wie zur Zeit t_2 haben, so nimmt das letzte Glied für beide Gränzen denselben Werth an, verschwindet also und es bleibt:

$$\varepsilon = \frac{m \delta \int_{t_1}^{t_2} c dt}{t_2 - t_1} = \frac{2 \delta \int_{t_1}^{t_2} \frac{m c^2}{2} dt}{t_2 - t_1} \quad (23a)$$

welcher Werth, durch die Temperatur dividirt, liefert:

$$\frac{\varepsilon}{T} = \frac{2 \delta \int_{t_1}^{t_2} \frac{m c^2}{2} dt}{\int_{t_1}^{t_2} \frac{m c^2}{2} dt} = 2 \delta \log \int_{t_1}^{t_2} \frac{m c^2}{2} dt.$$

Nehmen wir zunächst an, die Temperatur so wie die zugeführte Wärme sey während des ganzen Processes gleich für alle Theile des Körpers, so sind die gemachten Voraussetzungen erfüllt; alsdann ist aber die Summe aller ε gleich der gesammten dem Körper zugeführten Wärmemenge gemessen in Arbeitseinheiten. Nennen wir letztere δQ , so ist also:

$$\delta Q = \sum \varepsilon = 2 \sum \frac{\delta \int_{t_1}^{t_2} \frac{m c^2}{2} dt}{t_2 - t_1} \quad (24)$$

$$\frac{\delta Q}{T} = \frac{1}{T} \sum \varepsilon = 2 \delta \sum \log \int_{t_1}^{t_2} \frac{m c^2}{2} dt.$$

Wenn nun die Temperatur des Körpers von Theil zu Theil veränderlich ist, so können wir uns denselben jedesmal in so kleine Elemente dk zerlegen, dafs man in denselben Temperatur und Wärmezufuhr als gleichförmig ansehen kann; bezeichnet man alsdann die irgend einem Elemente sowohl von afsen als auch von den übrigen Theilen des Körpers zugeführte Wärme mit $\delta Q \cdot dk$, so ist wie früher:

$$\frac{\delta Q}{T} \cdot dk = 2 \delta \sum \log \int_{t_1}^{t_2} \frac{mc^2}{2} dt,$$

wo die Summe über alle Atome des Elementes dk zu erstrecken ist; daher:

$$\int \frac{\delta Q}{T} dk = 2 \delta \sum \log \int_{t_1}^{t_2} \frac{mc^2}{2} dt;$$

wenn man hier sowohl das Integral als auch die Summe über den ganzen Körper nimmt.

Hieraus ist ersichtlich, dafs das Integral

$$\iint \frac{\delta Q}{T} dk,$$

wo sich die eine Integration auf das Zeichen δ bezieht, und das von Clausius die Entropie des Körpers genannt wurde, den Werth

$$2 \sum \log \int_{t_1}^{t_2} \frac{mc^2}{2} dt + C \quad (24a)$$

besitzt und zwischen gleichen Gränzen verschwindet, wenn Druck und Gegendruck immer gleich sind.

Wäre zweitens diese Bedingung nicht erfüllt, so könnte man in jedem Augenblicke durch Hinzufügung neuer Kräfte diese Gleichheit herstellen. Die Wärmemenge, die in diesem letzteren Falle, der durch die hinzugedachten Kräfte auf den vorher betrachteten zurückgeführt ist, zugeführt werden müßte, um die gleichen Veränderungen des Volums und der Temperatur des Körpers in allen seinen Theilen hervorzubringen, muß der Gleichung

$$\iint \frac{\delta Q}{T} dk = 0$$

genügen; allein dieselbe ist nothwendig größer als die wirklich zugeführte, indem sie bei einer Ausdehnung des Körpers auch noch den Druck der hinzugedachten nothwendig positiven Kräfte zu überwinden hat; bei einer Zusammenrückung aber immer ein Theil der drückenden Kräfte hinweggedacht und daher auch die von letzteren erzeugte

Wärme im Falle des gleichen Druckes zugeführt werden muß. Es gilt also für die wirklich zugeführte Wärme nicht mehr das Gleichheitszeichen, sondern es wird:

$$\iint \frac{\delta Q}{T} dk < 0.$$

Ich will zunächst bemerken, wie man die Zeiten t_1 , t_2 , t'_1 und t'_2 und die dazugehörigen Bögen zu wählen hätte, falls das Atom eine auch nach beliebig langer Zeit nicht geschlossene Curve beschriebe. Zunächst müßte man die Zeiten t_1 und t_2 so weit von einander abstehend denken, daß die mittlere lebendige Kraft während $t_2 - t_1$ die wahre mittlere lebendige Kraft wäre, also wohl am besten so weit abstehend, als man nur immer will. Dann müßten t'_1 und t'_2 so beschaffen seyn, daß der Ausdruck

$$\frac{dx}{dt} \delta x + \frac{dy}{dt} \delta y + \frac{dz}{dt} \delta z \quad (25)$$

für beide dieselben Werthe annimmt. Man überzeugt sich leicht, daß dieser Ausdruck gleich dem Product aus der Geschwindigkeit, der Verschiebung $V \sqrt{\delta x^2 + \delta y^2 + \delta z^2}$ des Atoms und dem Cosinus des Winkels ist, den die Richtungen beider einschließen. Der zweiten Bedingung wird also am einfachsten genügt, wenn man s'_1 und s'_2 in jenen Punkten voraussetzt, wo die durch s_1 und s_2 zur ursprünglichen Bahncurve gelegten Normalebene die variirte Bahn schneiden, für welchen Fall der Ausdruck (25) für beide Gränzen verschwindet. Uebrigens würde die Variation der Gränzwerte, selbst wenn diese Bedingung nicht erfüllt wäre, in Vergleich zur Variation des Integrals verschwinden, wie aus dem Folgenden hervorgehen wird. Alsdann gelten ganz dieselben Schlüsse, die früher auf geschlossene Bahnen angewendet wurden, und man erhält wieder:

$$\iint \frac{\delta Q}{T} dk = 2 \Sigma \log \frac{\int_{t_1}^{t_2} \frac{mc^2}{2} dt}{\int_{t_1}^{t_2} \frac{mc^2}{2} dt},$$

wenn τ_1 und τ_2 die Gränzen derjenigen Bahn sind, die dem zur untern Gränze des Integrals links gewählten Zustande entspricht. Man könnte nun glauben, daß dieser Werth des Integrals zwischen gleichen Gränzen genommen nicht verschwinde, weil, wenn man in der oben beschriebenen Weise fortfährt, durch s_1 eine Normalebene, durch deren Durchschnittspunkt mit der nächsten Curve wieder eine Normalebene usw. zu legen, man nicht nothwendig, bei schließlicher Rückkehr zur selben Curve, wieder auf ihr denselben Punkt s_1 trifft; allein der getroffene Punkt wird sich in einer endlichen mit der Zeit $t_2 - t_1$ nicht fortwährend wachsenden Distanz von s_1 befinden; daher wird

$\int_{t_1}^{t_2} \frac{mc^2}{2} dt$ von $\int_{\tau_1}^{\tau_2} \frac{mc^2}{2} dt$ nur um eine endliche Gröfse verschieden seyn und der Quotient

$$\frac{\int_{t_1}^{t_2} \frac{mc^2}{2} dt}{\int_{\tau_1}^{\tau_2} \frac{mc^2}{2} dt}$$

sich um so mehr der Einheit, also sein Logarithmus der Nulle nähern, je mehr man $t_2 - t_1$ und mit ihm die beiden Integrale wachsen läßt, also je genauer man die mittlere lebendige Kraft nimmt; sind jedoch die beiden Gränzen von $\iint \frac{dQ}{T} dk$ verschieden, so übertrifft das eine Integral das Andere im Allgemeinen eine endliche Zahl mal, es ist daher auch ihr Quotient und dessen Logarithmus trotz des unendlichen Anwachsens beider eine endliche Zahl. Es ist diese Auseinandersetzung eigentlich nichts weiter, als die mathematische Präcisirung des Satzes, daß man die Bahnen, falls sie in keiner endlichen Zeit geschlossen sind, doch in einer unendlichen Zeit als geschlossen ansehen darf.

Man sieht leicht, daß unsere Schlüsse von der Bedeutung der darin vorkommenden Gröfsen in der Wärmelehre

vollkommen unabhängig sind und daher zugleich ein Theorem der reinen Mechanik beweisen, welches dem zweiten Hauptsatze gerade in derselben Weise entspricht, wie das Princip der lebendigen Kräfte dem ersten; es ist dies, wie ein Blick in unsere Rechnungen lehrt, das Princip der kleinsten Wirkungen, jedoch in einer etwas allgemeineren Form, in der es etwa so ausgesprochen werden kann:

„Wenn ein System von Punkten unter dem Einfluss von Kräften, für die das Princip der lebendigen Kräfte gilt, beliebige Bewegungen macht, und dann allen Punkten eine unendlich kleine lebendige Kraft zugeführt wird und alle gezwungen werden sich auf unendlich nahen Curven zu bewegen, so ist $\delta \Sigma \frac{m}{2} \int c ds$ gleich der Summe der zugeführten lebendigen Kraft, multiplicirt mit der halben Zeit, während der die Bewegung geschieht, wenn die Summe der Producte aus den Verschiebungen der Punkte, ihren Geschwindigkeiten und den Cosinus der Winkel beider für beide Grenzen gleich sind, z. B. die neuen Ausgangspunkte in den durch die alten Gränzpunkte gelegten Normalebenen der alten Bahnen liegen.“

Dieser Satz giebt, wenn man die zugeführten lebendigen Kräfte und die Variation der Gränzen gleich Null setzt, das Princip der kleinsten Wirkungen in seiner gewöhnlichen Form.

Man könnte das Problem auch umgekehrt auffassen; es würde dann, wenn man den zweiten Hauptsatz als theoretisch und experimentell bereits hinlänglich begründet ansähe oder gar, wie Zeuner in seiner neuen Auflage der mechanischen Wärmetheorie die Temperatur als den integrirenden Divisor des Differentialausdrucks δQ definirte, die gegebene Ableitung den Beweis liefern, dass der reciproke Werth der mittleren lebendigen Kraft eines Atoms integrirender Factor von δQ ist und daher die Temperatur gleich dem Product dieser mittleren lebendigen Kraft in eine willkürliche Function der Entropie seyn muss. Diese vollkommen willkürliche Function müsste auf ähnliche Weise, wie es

in der ersten Abtheilung geschah, bestimmt werden; denn es ist klar, daß man bloß mittelst des zweiten Hauptsatzes den Temperaturbegriff niemals von ihr befreien kann.

Schließlich will ich noch mit wenigen Worten die Anwendbarkeit der Formel (24) zur Berechnung der Wärmecapacität berühren. Die Differentiation der Gleichung

$$T = \frac{\int_{t_1}^{t_2} \frac{mc^2}{2} dt}{t_2 - t_1}$$

liefert nämlich:

$$\delta T = \frac{\delta \int_{t_1}^{t_2} \frac{mc^2}{2} dt}{t_2 - t_1} - \frac{\int_{t_1}^{t_2} \frac{mc^2}{2} dt}{t_2 - t_1} \cdot \frac{\delta(t_2 - t_1)}{t_2 - t_1};$$

die auf Temperaturerhöhung verwendete Wärme δH wird gefunden, indem man δT bezüglich aller Atome summirt sie ist also:

$$\delta H = \sum \frac{\delta \int_{t_1}^{t_2} \frac{mc^2}{2} dt}{t_2 - t_1} - \sum \frac{\int_{t_1}^{t_2} \frac{mc^2}{2} dt}{t_2 - t_1} \cdot \frac{\delta(t_2 - t_1)}{t_2 - t_1}$$

und die Vergleichung mit Formel (24) liefert:

$$\delta Q = 2\delta H + 2 \sum \frac{\int_{t_1}^{t_2} \frac{mc^2}{2} dt}{t_2 - t_1} \cdot \frac{\delta(t_2 - t_1)}{t_2 - t_1};$$

es ist also die geleistete innere und äußere Arbeit

$$\begin{aligned} \delta L &= \delta H + 2 \sum \frac{\int_{t_1}^{t_2} \frac{mc^2}{2} dt}{t_2 - t_1} \cdot \frac{\delta(t_2 - t_1)}{t_2 - t_1} \\ &= \sum \frac{\delta \int_{t_1}^{t_2} \frac{mc^2}{2} dt}{t_2 - t_1} + \sum \frac{\int_{t_1}^{t_2} \frac{mc^2}{2} dt}{t_2 - t_1} \cdot \frac{\delta(t_2 - t_1)}{t_2 - t_1} \end{aligned} \quad (25a)$$

und die Größe

$$\delta Z = \int \frac{\delta L}{T} dk = \Sigma \frac{\delta \int_{t_1}^{t_2} \frac{m c^2}{2} dt}{\int_{t_1}^{t_2} \frac{m c^2}{2} dt} + \Sigma \frac{\delta(t_2 - t_1)}{t_2 - t_1};$$

das von Clausius mit dem Namen Disgregation belegte Integral hat also den Werth:

$$Z = \Sigma \log \int_{t_1}^{t_2} \frac{m c^2}{2} dt + \Sigma \log(t_2 - t_1) + C \quad (25 b).$$

Für den Fall, daß sich $t_2 - t_1$, was wir als die Schwungsdauer eines Atoms betrachten können, nicht ändert, hat man

$$\delta(t_2 - t_1) = 0$$

daher:

$$\delta Q = 2 \delta H; \quad \delta L = \delta H;$$

d. h. die zugeführte Wärme theilt sich in zwei Theile, von denen der eine auf Erwärmung, der andere auf Arbeitsleistung verwendet wird.

Nimmt man an, der Körper habe durchaus gleiche Temperatur und es werde dieselbe auch durchaus gleichmäßig erhöht, so wird

$$\frac{\int_{t_1}^{t_2} \frac{m c^2}{2} dt}{t_2 - t_1} \quad \text{und} \quad \delta \frac{\int_{t_1}^{t_2} \frac{m c^2}{2} dt}{t_2 - t_1}$$

für alle Atome gleich und die Wärmecapazität γ durch $\frac{\delta Q}{p \delta T}$ ausgedrückt, wenn man Wärme und Temperatur wieder in Arbeitseinheiten mißt und p das Gewicht des Körpers ist. Es erfolgt aber:

$$\gamma = \frac{\delta Q}{p \delta T} = \frac{2 \delta \int_{t_1}^{t_2} \frac{m c^2}{2} dt}{\frac{p}{N} \left[\delta \int_{t_1}^{t_2} \frac{m c^2}{2} dt - \int_{t_1}^{t_2} \frac{m c^2}{2} dt \cdot \frac{\delta(t_2 - t_1)}{t_2 - t_1} \right]}.$$

Hier ist N die Anzahl der Atome im Körper und es kann, wenn a das Atomgewicht oder für zusammengesetzte Körper Moleculgewicht, n die Anzahl der Atome im Molecul ist,

$$\frac{p}{N} = \frac{a}{n}$$

gesetzt werden. Für den Fall $\delta(t_2 - t_1) = 0$ wird also

$$\frac{a\gamma}{n} = 2;$$

daher das Product aus specifischer Wärme und Atomgewicht doppelt so groß, als für absolute Gase bei constantem Volum, wo es $= 1$ wird. Dieses Gesetz will Masson auf experimentellem Wege für feste Körper bestätigt gefunden haben (siehe die bereits erwähnte Abhandlung *sur la correlation etc.* Ann. de Chim., Ser. III, vol. 53); es würde also daraus ein derartiger Isochronismus der Schwingungen der Atome für feste Körper folgen; wahrscheinlich ist jedoch der Vorgang etwas complicirter und ich werde vielleicht ein anderes Mal auf die Anwendung dieser Formeln auf feste Körper zurückkommen, in denen jedenfalls der Grund für die angenäherte Gültigkeit des Dulong-Petit und Neumann'schen Gesetzes zu liegen scheint.

Dies ist der Wortlaut jenes Abschnitts meiner Abhandlung. Um dieselbe mit der des Hrn. Clausius zu vergleichen, müssen wir zuerst die in beiden Abhandlungen gebrauchten Bezeichnungen nebeneinander stellen. Die Zeichen d und δ sind von Hrn. Clausius in demselben Sinne gebraucht worden, wie von mir; nur drückt bei mir das Zeichen δ ganz allgemein eine Variation aus, wie man dieselbe in der Variationsrechnung immer versteht, während Hr. C. in einer ganz speciellen Weise variirt, indem er übereinkommt, welchen Zeit-Moment des variirten Zustandes er mit jedem Zeitmomente des ursprünglichen vergleichen will. Eine Folge dieser speciellen Art der Variation ist es, daß bei Hrn. C. die Variation des Mittelwerthes einer Größe gleich dem Mittelwerthe ihrer Variation ist. Ebenso

bezeichnen wir alle auf die Wärmetheorie Bezug habenden Gröfsen ($Q, T, L, Z, S \dots$) in derselben Weise. Nur in der Bezeichnung der mechanischen Gröfsen herrscht eine Verschiedenheit. Die Zeit, welche ein Atom braucht, um seine geschlossene Bahn zu beschreiben, bezeichne ich mit $t_2 - t_1$, Hr. C. bezeichnet sie mit i , die mittlere lebendige

Kraft eines Atoms bezeichne ich mit $\frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} \frac{m c^2}{2} dt$, Hr. C.

mit $\frac{m}{2} \overline{v^2}$ oder h . Um also die Bezeichnung in meinen Formeln mit der des Hrn. C. conform zu machen, braucht man in den ersteren blofs zu setzen:

$$A \left\{ \begin{array}{ll} i & \text{statt} \quad t_2 - t_1 \\ i \frac{m}{2} \overline{v^2} \text{ oder } i h & \text{statt} \quad \int_{t_1}^{t_2} \frac{m c^2}{2} dt \\ i \overline{X \delta x + Y \delta y + Z \delta z} & \text{statt} \quad \int_{t_1}^{t_2} dt (X \delta x + Y \delta y + Z \delta z). \end{array} \right.$$

Die ersten bemerkenswerthen Formeln, zu denen Hr. C. gelangt, sind seine Formeln (17), (18) und (19); dieselben sind identisch mit der ersten der Gleichungen (22) meiner Abhandlung; nimmt man in derselben die Bezeichnungsvertauschungen A vor, so lautet nämlich meine Formel (22)

$$i \frac{m}{4} \delta \overline{v^2} = \frac{i \epsilon}{2} + \frac{i}{2} \overline{X \delta x + Y \delta y + Z \delta z}.$$

Multiplirt man mit $\frac{2}{i}$ und berücksichtigt, dafs bei der Variationsmethode des Hrn. C. $\delta \overline{v^2} = \delta v^2$ ist, so ergibt sich:

$$\frac{m}{2} \delta \overline{v^2} = \epsilon + \overline{X \delta x + Y \delta y + Z \delta z} \quad (1).$$

Die Gröfse ϵ ist dabei durch meine Formel (23a) bestimmt, welche nach Vornahme der Bezeichnungsvertauschungen A lautet:

$$\epsilon = \frac{2 \delta \left(i \frac{m}{2} \overline{v^2} \right)}{i} = \frac{\delta i}{i} m \overline{v^2} + m \delta \overline{v^2}.$$

Substituirt man diesen Werth in die obige Gleichung (1) und schafft alles auf die linke Seite des Gleichheitszeichens, so erhält man sofort:

$$\overline{X\delta x + Y\delta y + Z\delta z} + \frac{m}{2} \overline{\delta v^2} + \frac{\delta i}{i} m \overline{v^2} = 0,$$

was mit den Gleichungen (17), (18) und (19) der Abhandlung des Hrn. C. identisch ist. Bei der nun folgenden Einführung der Gröfsen, welche auf die mechanische Wärmetheorie Bezug haben, gehen wir insofern auseinander, dafs ich zuerst die zugeführte Wärmemenge δQ betrachte und aus ihr erst zum Schlusse die geleistete Arbeit δL ableite, während Hr. C. den umgekehrten Weg einschlägt. Da jedoch die gesammte zugeführte Wärmemenge immer gleich ist der Summe der auf Erhöhung der lebendigen Kraft und auf geleistete Arbeit verwendeten, so ist es auch nicht schwer den Zusammenhang weiter zu verfolgen. Ich definire nämlich die Gröfse ε als die einem Atome zugeführte Wärmemenge (vergl. meine beiden Sätze »es werde nun jedem Atome eine unendlich kleine lebendige Kraft ε zugeführt, und zwar so, dafs dieselbe jedesmal auf die Arbeitsleistung und Erhöhung der lebendigen Kraft dieses Atoms verwendet wird« und »alsdann ist aber die Summe aller ε gleich der gesammten dem Körper zugeführten Wärmemenge gemessen in Arbeitseinheiten«. Die Gröfse ε ist aber nach meiner Gleichung (22)

$$\varepsilon = \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} dt \delta \frac{mc^2}{2} - \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} dt (X\delta x + Y\delta y + Z\delta z).$$

Bei mir ist daher die einem Atome zugeführte Wärmemenge die Summe des mittleren Zuwachses seiner lebendigen Kraft und des Mittelwerthes von $-(X\delta x + Y\delta y + Z\delta z)$. Daraus folgt unmittelbar, dafs bei mir die auf Arbeitsleistung verwendete Wärmemenge δL der Mittelwerth von $-(X\delta x + Y\delta y + Z\delta z)$, also nach Hrn. C. Bezeichnung die Gröfse $\delta \bar{U}$ ist, und dies ist sie auch bei Hrn. C. (siehe dessen Gleichung (20)); und zwar sage ich: »Wäre die

Zufuhr nicht gleich anfangs so geschehen, so würden wir so lange warten, bis das Wärmegleichgewicht oder die stationäre Strömung zurückgekehrt wäre und den alsdann sich herausstellenden mittleren Zuwachs an lebendiger Kraft mehr der von jedem Atome bei der Zustandsänderung geleisteten durchschnittlichen Arbeit mit ε bezeichnen. Ich setze also, wie Hr. C. voraus, daß die Wärmezufuhr nicht in einer einzigen Bewegungsphase geschieht und definire ε als die im ganzen zugeführte Wärme. Also auch in der wärmetheoretischen Interpretation des mechanischen Satzes unterscheiden wir uns nicht, wenn gleich Hr. C. seine Gleichung in etwas anderer und viel ausführlicherer Weise begründet. Ich kann dies auch umgekehrt durch Vergleichung der Resultate beweisen. Die Gröfse δL habe ich nur für viele materielle Punkte und zwar in der Formel (25a) entwickelt. Um die für ein Atom geltende Formel zu erhalten, brauchen wir jedoch blofs das Summenzeichen wegzulassen. Thun wir dies und nehmen noch die Bezeichnungsvertauschungen A vor, so geht meine Formel (25a) über in

$$\delta L = \frac{\delta(ih)}{i} + h \frac{\delta i}{i}$$

oder nach Ausführung der Variation:

$$\delta L = \delta h + 2h \delta \log i,$$

worin man sofort die Gleichungen (21), (22) und (23) des Hrn. C. wiedererkennt. Ebenso erhalten wir die Disgregation eines materiellen Punktes, indem wir in meiner Formel (25) die Bezeichnungsvertauschungen A vornehmen und das Summenzeichen unterdrücken. Die genannte Formel geht dann über in

$$Z = \log(hi) + \log i = \log(hi^2),$$

was wieder mit dem von Hrn. C. unmittelbar nach Entwicklung der Gleichung (24) für die Disgregation gefundenen Werthe übereinstimmt.

Ich will nur noch bemerken, daß ich die Thatsache, daß die Kräfte X , Y , Z in meinen Rechnungen ebenfalls als der Variation unterworfen anzusehen sind (nach der Ausdrucksweise Hrn. C., daß sich das Ergal ebenfalls ändern kann), allerdings blofs insoferne erwähnt, daß ich sage:

«Zugleich sollen sich Druck und Volumen des Körpers unendlich wenig ändern», womit ja bereits ausgesprochen ist, daß sich die auf den Körper wirkenden Kräfte ebenfalls im allgemeinen verändern sollen, wie man denn überhaupt, so lange diese Kräfte unverändert bleiben, nur eine einzige independente Variable hat, also gar nicht von vollständigen und unvollständigen Differentialausdrücken sprechen kann. Dabei sey noch erwähnt, daß ich gerade so, wie Hr. C. meine Sätze durch Betrachtung eines einzigen materiellen Punktes fand, wenn ihm, während er beständig eine geschlossene Bahn beschreibt, eine unendlich kleine lebendige Kraft zugeführt wird und gleichzeitig das Wirkungsgesetz der auf ihn wirkenden Kräfte sich verändert. Da jedoch eine Veränderung des Wirkungsgesetzes der Atome in der Natur nicht vorkommt, begnügte ich mich, die Rechnung so zu führen, daß dabei die Unveränderlichkeit des Wirkungsgesetzes nirgends vorausgesetzt wird, und bloß beizufügen, daß sich der Druck ändern kann. Das Verdienst, die Möglichkeit dieser Veränderung zuerst ausdrücklich betont zu haben, gebührt daher Hrn. C.

Nun kommt Hr. C. auf das Princip der kleinsten Wirkung zu sprechen. Er sagt nach einigen vorbereitenden Bemerkungen:

«Diese Gleichung ist der Form nach dieselbe, wie die, welche für einen einzelnen beweglichen Punkt den Satz von der kleinsten Wirkung ausdrückt. In der Bedeutung ist freilich insoferne noch ein Unterschied, als wir bei Ableitung unserer Gleichungen vorausgesetzt haben, daß die ursprüngliche und veränderte Bewegung in geschlossenen Bahnen geschehen, welche in keinem Punkte zusammenzufallen brauchen, während bei dem Satze von der kleinsten Wirkung vorausgesetzt wird, daß beide Bewegungen von einem gemeinsamen Anfangspunkte bis zu einem gemeinsamen Endpunkte stattfinden. Indessen ist dieser Unterschied für den Beweis unerheblich, indem die Ableitung der Gleichung (24) unter beiden Voraussetzungen in gleicher Weise geschehen kann, wenn man unter i das eine Mal die Um-

laufszeit und das andere Mal diejenige Zeit versteht, welche der bewegliche Punkt bedarf, um aus der gegebenen Anfangslage in die gegebene Endlage zu kommen.»

Diese Analogie mit dem Principe der kleinsten Wirkung war mir natürlich ebenfalls nicht entgangen. Meine Worte sind folgende:

»Man sieht leicht, daß unsere Schlüsse von der Bedeutung der darin vorkommenden Größen in der Wärmelehre vollkommen unabhängig sind und daher zugleich ein Theorem der analytischen Mechanik beweisen, welches dem zweiten Hauptsatze gerade in derselben Weise entspricht, wie das Princip der lebendigen Kräfte dem ersten. Es ist dieß wie ein Blick in unsere Rechnungen zeigt, das Princip der kleinsten Wirkung, jedoch in einer etwas allgemeineren Form, in der es etwa so ausgesprochen werden kann. Wenn ein System von Punkten unter dem Einflusse von Kräften, für die das Princip der lebendigen Kräfte gilt, beliebige Bewegungen macht und dann allen Punkten eine unendlich kleine lebendige Kraft zugeführt wird und alle gezwungen werden, sich auf unendlich nahen Curven zu bewegen, so ist $\delta \sum \frac{m}{2} \int c ds$ gleich der Summe der zugeführten lebendigen Kraft multiplicirt mit der halben Zeit, während welcher die Bewegung geschieht, wenn die Summe der Producte aus den Verschiebungen der Punkte, ihren Geschwindigkeiten und den Cosinus der Winkel beider für beide Gränzen gleich sind, z. B. die neuen Ausgangspunkte in den durch die alten Gränzpunkte gelegten Normalebene der alten Bahnen liegen. Dieser Satz giebt, wenn man die zugeführten lebendigen Kräfte und die Variation der Gränzen gleich Null setzt, das Princip der kleinsten Wirkung in seiner gewöhnlichen Form.«

Man sieht leicht, daß die Art und Weise, wie ich den Satz ausspreche, dem Wesen nach identisch ist mit der des Hrn. C., nur ist mein Satz noch etwas allgemeiner. Es ist nämlich klar, daß wenn, wie Hr. C. vorausgesetzt, die alte und neue Bahn geschlossen ist, jedesmal auch die von mir aufgestellten Bedingungen erfüllt sind.

Nun folgt in der Abhandlung des Hrn. Clausius der Uebergang von einem einzigen zu einem System materieller Punkte. Auch die hiebei vorkommenden Unterschiede von meiner Abhandlung berühren das Wesen der Sache nicht. So setze ich die mittlere lebendige Kraft eines Atoms geradezu gleich seiner Temperatur, Hr. C. hingegen setzt sie gleich der Temperatur multiplicirt mit einem constanten Factor mc , wobei der Factor m den Zweck hat ein endliches Temperaturmaafs zu gewinnen, der Factor c aber den Beobachtungen (namentlich Kopp's) über die Ausnahmen von Dulong-Petit'schen Gesetze zu genügen. Lassen wir die Frage nach der Ursache jener Ausnahmen offen, so ist jedenfalls klar, dafs die Hinzufügung dieses Factors unsere Rechnungen über den zweiten Hauptsatz nur ganz unwesentlich modificirt. Nur den Uebergang von den geschlossenen zu den nicht geschlossenen Bahnen bewerkstelligt Hr. C. in anderer Weise, als ich diefs that, wobei allerdings die Anwendbarkeit der für ungeschlossene Bahnen nicht immer geltenden Gleichung

$$\int_{t_1}^{t_2} \frac{mc^2}{2} \cdot dt = \int_{\tau_1}^{\tau_2} \frac{mc^2}{2} \cdot dt$$

auf Wärmeprobleme noch eines exacten Beweises bedürfte. Aehnlicher mit der Ableitungsweise des Hrn. C. ist jedoch dieser Uebergang in einer am 25. Februar 1869 der Wiener Akademie der Wissenschaften vorgelegten Abhandlung Loschmidt's, worin derselben eine zweite Darstellung meiner ganzen Schlufsweise liefert. (59. Band der Sitzbr. der Wien. Akad.)

Ich will hier noch eine Zusammenstellung meiner Schlufsformeln mit denen des Hrn. C. beifügen. Hr. C. bezeichnet in denselben die mittlere lebendige Kraft eines Atoms

mit mcT , während ich sie mit $\frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} \frac{mc^2}{2} dt$ bezeichne.

Man mufs also, um die Bezeichnungen homogen zu machen, in meinen Formeln:

$$\left. \begin{array}{l} i \text{ statt } t_2 - t_1 \\ mcTi \text{ statt } \int_{t_1}^{t_2} \frac{mc^2}{2} dt \end{array} \right\} B$$

schreiben. Dadurch geht die erste der Formeln (24) meiner Abhandlung über in

$$\delta Q = 2 \sum_i \frac{\delta(mcTi)}{i}$$

oder nach Multiplication mit T und Division durch dieselbe Gröfse unter dem Summenzeichen (was erlaubt ist, da T für alle Punkte denselben Werth hat.

$$\delta Q = 2T \delta \sum mc \log(Ti),$$

was mit der Formel (35) des Hrn. C. identisch ist. Meine Formel (24a) giebt uns die Entropie. Bezeichnen wir dieselbe mit S und führen die Bezeichnung des Hrn. C. ein, so erhalten wir:

$$S = 2 \sum mc \log(Ti) + C,$$

welche Gleichung mit der Gleichung (36) des Hrn. C. übereinstimmt. Nur fehlt das calorische Arbeitsäquivalent, da ich die Wärme immer in mechanischem Maafse gemessen voraussetze. Machen wir die Bezeichnungsvertauschungen (B) in meiner Formel (25a), so erhalten wir

$$\delta L = \sum_i \frac{\delta(mcTi)}{i} + \sum mcT \frac{\delta i}{i} = T \delta \sum mc \log(Ti^2),$$

also die Formel (34) des Hrn. C., deren Division durch T uns die Disgregation ebenfalls in Uebereinstimmung mit Hrn. C. liefert. Ich denke hiemit meine Priorität der Entdeckung der mechanischen Bedeutung des zweiten Hauptsatzes nachgewiesen zu haben und kann schliesslich nur meine Freude darüber aussprechen, wenn eine Autorität vom Rufe des Hrn. Clausius zur Verbreitung der Kenntniss meiner Arbeiten über mechanische Wärmetheorie beiträgt.

Graz, den 16. Mai 1871.

VI. Beiträge zur Kenntnifs des Chlorophylls und einiger seiner Derivate;

von E. Gerland und N. W. P. Rauwenhoff.

(Auszug aus den Archives Néerlandaises T. VI; von Hll. Verf. übersandt.)

Die ebenso wichtige, als keineswegs nach allen Richtungen hin genügend aufgeklärte Rolle, die das Chlorophyll im Pflanzenleben spielt, läßt jeden Beitrag zu seiner weiteren Kenntnifs wohl als von einigem Nutzen erscheinen. Wir unternahmen deshalb die Untersuchung, deren Resultate im Folgenden dargelegt werden sollen, um des doppelten Zweckes willen, einmal die Aenderungen, die im Dunkeln aufbewahrtes Chlorophyll mit der Zeit erleidet, kennen zu lernen, — hierzu standen uns 1865 dargestellte Präparate von Chlorophyll und einige seiner Derivate zur Verfügung — sodann um das Verhalten, namentlich in optischer Beziehung, mehrerer dieser letzteren zu untersuchen und mit dem des Chlorophylls zu vergleichen.

Die spectroscopische Untersuchung geschah in gewöhnlicher Weise mit dem Desaga'schen Spectroskop des hiesigen physikalischen Institutes, das Hr. Prof. Heynsius uns freundlichst zur Verfügung stellte. Als Lichtquelle diente eine Soleil'sche Lampe, deren Licht unbedenklich anstatt des an violetten Strahlen reicheren Sonnenlichtes angewendet werden konnte, da diese Strahlen doch vom Chlorophyll und den sämtlichen von uns untersuchten Derivaten vollständig absorbirt werden.

Um die Absorptionsspectren bei verschiedener Dicke und Concentration der absorbirenden Schicht übersichtlich und so darzustellen, daß die Uebereinstimmung zwischen Zeichnung und Beobachtung leicht und von Jedem geprüft werden könne, verfahren wir auf folgende Weise. Die beobachteten Spectren wurden nach dem Anblick, den das Spectrum bot, mit möglichster Berücksichtigung der relativen Intensität der einzelnen Streifen und der Art ihres

Ueberganges in das volle Licht mit Bleistift auf passendes Coordinatenpapier aufgezeichnet.

Aus den erhaltenen Zeichnungen erhielten wir die in Fig. 1 bis 6 Taf. II mitgetheilten Spectren, indem wir ganz nach J. Müller's Vorgang¹⁾ die Curve, die den unbeschatteten Theil des Spectrums vom beschatteten trennt, in ein Coordinatensystem, dessen Abscisse die Scalen des Spectroskops, also die nebeneinander gebrochenen verschiedenfarbigen Strahlen, dessen Ordinate die verschiedenen Dicken oder Concentrationsstufen der absorbirenden Schicht angiebt, zeichnen. Diefs geschah so, dafs wir die Theile der Abscissen, die im beschatteten Theil des Spectrums liegen, als gerade Linien auszogen und ihre markirten Endpunkte durch einen stetigen Zug verbanden. Der erste Streifen im Roth oder das Ende des im Gesichtsfelde des Fernrohrs befindlichen Spectrums nach seiner brechbareren Seite hin, ist nun immer tief schwarz, an beiden sind auch jedesmal ganz successive Uebergänge in das gänzlich unbeschattete Spectrum wahrzunehmen. Eine in beliebiger Richtung hindurchgelegte gerade Linie schneidet also Stellen mit allen möglichen Intensitäten und kann somit sehr gut als Intensitätenmaafsstab dienen. Einen solchen kann man ausserdem auch sehr leicht anfertigen, wenn man, wie diefs z. B. in Fig. 4 Taf. II geschehen ist, für eine beliebige Abscisse und eine willkürlich anzunehmende Ordinate die Curve der Intensität eines dunkeln Streifens entwirft. Bezeichnet man nun in jeder der ausgezogenen Linien die Punkte zwischen denen die grösste gleichbleibende Absorption stattfindet und verbindet die Punkte gleicher Intensität, wie sie sich aus der Beobachtung ergeben, durch einen stetigen Zug, führt diese Linie gleicher Helligkeit nach Art der Niveaulinien der Geodäten bis an eine Stelle, wo das volle Schwarz, z. B. des ersten Streifens, nach und nach in die Spectralfarbe übergeht; so erhält man hierdurch sofort die relative Intensität, welche der fraglichen Linie gleicher Helligkeit entspricht. Geht diese Linie an einer Stelle über die

1) Pogg. Ann. LXXII, S. 76.

Gränz
sten
gende
ähnlic
teten
alkoh
brach
Auch
Willi
sehr
jedoch
an vo
haben
achtu
soviel
Genau
höchs
vorha

D
Auflö
von A
zeich
Streif
römis
sehen
wir
nig h
nenn
desse
wir
besch
lauf
sich

I

- 1) P
- 2) P
- 3) F

Gränze des Spectrums hinaus, so schließt man ihren äußersten Punkt durch eine punktirte Linie einfach an den folgenden an. Auf diese Weise erhält man also eine Figur, ähnlich der, welche Stokes¹⁾ sah, als er einen beleuchteten Spalt, unter den ein Reagensglas mit concentrirter alkoholischer Chlorophylllösung mit vorsichtig darauf gebrachtem Alkohol gestellt war, durch ein Prisma betrachtete. Auch bei einer solchen Art der Darstellung sind freilich Willkürlichkeiten nicht ganz zu umgehen, wenn man nicht sehr zahlreiche Beobachtungen anstellen will; sind dieselben jedoch bezeichnet, so steht der dadurch entstehende Mangel an vollständiger Genauigkeit, deren Erreichung kaum Werth haben würde, nicht im Verhältniß zu der auf die Beobachtungen zu verwendenden Mühe. Auch wird man selten soviel Linien gleicher Helligkeit erhalten, daß dadurch die Genauigkeit der Zeichnung beeinträchtigt würde; man hat höchstens soviel nöthig, als Streifen ungleicher Helligkeit vorhanden sind.

Die so erhaltene Fig. 1 Taf. II stellt die alkoholische Auflösung von Chlorophyll dar, welches aus den Blättern von *Brassica oleracea*, *Var. crispa* erhalten war. Wir bezeichnen hier mit Hagenbach²⁾ die auftretenden dunklen Streifen von dem weniger brechbaren Ende ausgehend mit römischen Ziffern. Den vom genannten Forscher zuerst gesehenen hellen Streifen im Blau links von V beobachteten wir sehr gut. Streifen I zeigte sich durch einen sehr wenig helleren Raum in zwei getrennt, die wir Ia und Ib nennen wollen. Diefs ist zuerst von Schönn³⁾ bemerkt, dessen Beobachtung uns jedoch erst zu Gesicht kam, als wir bereits mit der Redaction der vorliegenden Arbeit beschäftigt waren. Doch hat genannter Forscher den Verlauf beider Streifen bei verschiedener Concentration, der sich aus Fig. 1 Taf. II ergibt, nicht untersucht.

Das Spectrum der 1865 aus den Blättern von *Tilia eu-*

1) Pogg. Ann. Ergänzungsband IV.

2) Pogg. Ann. CXLI.

3) Fresenius, Zeitschrift für analytische Chemie IX, 1870.

ropaea dargestellten alkoholischen Lösung war das des modificirten Chlorophylls, wie Fig. 2 Taf. II ergibt. Die Lösung war an einem dunklen Orte aufbewahrt und hatte demnach in den 5½ Jahren eine weitere Aenderung nicht erlitten. Auch das Spectrum des modificirten Chlorophylls zeigte den Streifen I deutlich in zwei gegliedert.

Als wir eine Chlorophylllösung in wässrigem Alkohol in einem grossen Glaskolben auf dem Sandbade eindampften, wobei die Flüssigkeit nicht ins Kochen gerieth, wurde lange bevor dieselbe verdampft war, alles Chlorophyll niederschlagen. Dasselbe zeigte sich als modificirt, die darüberstehende braune Flüssigkeit, die, wie die spectroskopische Untersuchung ergab, noch geringe Mengen von Chlorophyll enthielt, noch deutlich nach Aldehyd. Da ausser dem Chlorophyll die Lösung Wachs in grösseren Mengen enthalten konnte, so wurde der Versuch mit einer Auflösung von weissem Wachs in wässrigem Alkohol wiederholt. Dabei trat der Aldehydgeruch nicht auf. Diese Beobachtung scheint für die Richtigkeit der Ansicht Timiriaseff's¹⁾ zu sprechen, der dafür hält, dass modificirtes Chlorophyll durch Reduction des frischen entstehe.

Auch Licht, welches durch festes Chlorophyll gegangen war, zeigte dieselben Absorptionsstreifen. Es ist schwer, es in gleichmässig dünner Schicht auf eine Glasplatte niederzuschlagen. Indem wir aber den Spalt durch einen horizontal vorgesezten weiter sehr verkürzten, gelang es durch Probiren auf der Platte Stellen zu finden, namentlich an der Gränze von wegen ihrer Dicke kein Licht mehr durchlassenden Schichten, welche die Streifen deutlich zeigten. Dass Hagenbach ausser dem Streifen I keine anderen im durch festes Chlorophyll gegangenen Lichte sah, erklärt sich wohl aus der Undurchsichtigkeit des Papiers, auf welches er das zu untersuchende Chlorophyll auftrug. Durch darauf gebrachten Aether wurde dasselbe durchsichtiger, so dass die schwächeren Streifen, die durch festes Chlorophyll

1) Timiriaseff's Resultate in der Botanische Zeitung Bd. 27 S. 885.

Genaueres über seine Arbeit ist unseres Wissens noch nicht mitgetheilt.

wegen
so sicht
konnten

Eber
in Ueb
und Sc
gangen
phylls.
Hagen
nur un
nen, k
indesse
gang z
die Lar
dörrien

Die
glauben
durch
gehend
Ueberg
und Cl
lenkt.
Prisma
lichkeit
so sind
nament
preist
rend z
räume
Doch
Streifen
den di

186

Farbe

1) Sitz

2) Bo

wegen seiner ungleichmäßigen körnigen Beschaffenheit nie so sichtbar werden, wie durch gelöstes, bemerkt werden konnten.

Ebenso fanden wir im Gegensatz zu Hagenbach, aber in Uebereinstimmung mit Stokes, Sachs¹⁾, Askenasy²⁾ und Schönn in dem Licht, welches durch grüne Blätter gegangen war, alle Absorptionsstreifen des frischen Chlorophylls. Vielleicht erklärt sich das abweichende Resultat Hagenbach's durch den Umstand, daß diese Streifen immer nur undeutlich und bei Blättern, welche zu welken beginnen, kaum noch sichtbar sind. Frische Blätter zeigten sie indessen immer; wurden dieselben nach Schönn's Vorgang zwischen zwei Glasplatten eingeschlossen, so nahe vor die Lampe gebracht, daß sie während der Beobachtung dörreten, so traten sie deutlicher hervor.

Die von Schönn gegebene Erklärung dieses Vorganges glauben wir um etwas wenigens modificiren zu müssen. Das durch die Blätter, so lange sie noch nicht gedörret sind, gehende Licht wird durch die sich vielfach wiederholenden Uebergänge aus Luft in Zellwand, aus dieser in Wasser und Chlorophyll, vielfach von der geradlinigen Bahn abgelenkt. Dadurch wird nicht nur die Helligkeit des auf das Prisma fallenden Lichtes vermindert, sondern auch die Deutlichkeit der Streifen beeinträchtigt. Sind die Blätter gedörret, so sind die Zellwände zusammengefallen und es bilden sich, namentlich wenn das Blatt zwischen zwei Glasplatten gepreßt ist, zusammenhängendere Chlorophyllschichten, während zugleich das Wasser weggenommen ist und die Zwischenräume zwischen den Zellwänden kleiner geworden sind. Doch können dann, wie es in der That der Fall ist, die Streifen nur bis zu einem gewissen Grade deutlich werden, den die zunehmende Dörrung nicht mehr erhöht.

1860 glaubte Frémy gefunden zu haben, daß die grüne Farbe des Chlorophylls aus der Mischung der gelben und

1) Sitzungsberichte der k. k. Akad. der Wiss., VVien, Bd. XLIII.

2) Botanische Zeitung, Bd. XXV. 1867.

grünen Farbe zweier als seine Bestandtheile anzusehenden Körper entstehe, des Phylloxanthins und Phyllocyanins¹⁾. Die durch Askenasy 1867 angestellte spektroskopische Untersuchung ergab jedoch bereits die Grundlosigkeit dieser Annahme; Schönn kam sogar zu dem Resultate, daß das Verfahren Frémy's das Chlorophyll in zwei Bestandtheile gar nicht zerlege, sondern daß sein Phylloxanthin nichts anderes sey als modificirtes Chlorophyll.

Unsere Versuche haben diese Ansicht nur bestätigt. Das Spectrum des 1865 dargestellten Phyllocyanins zeigt Fig. 3 Taf. III. Derselbe Körper frisch dargestellt gab genau das nämliche. Das Spectrum des 1865 dargestellten Phylloxanthins giebt Fig. 4 Taf. III. Es kommt mit dem des modificirten Blattgrüns überein, nur daß Streifen I eine deutlichere Gliederung zeigt. Neben Streifen Ia und Ib tritt noch ein sehr wenig dunkler Streifen Ic nahe bei der Fraunhofer'schen Linie C auf. Das Spectrum des neuerdings dargestellten Phylloxanthins zeigt Fig. 5. Es zeigt Streifen Ib nur schwach, Ic sehr deutlich. Streifen IV zeigte aber nur eine Zweitheilung. Streifen III und V sind etwas nach dem violetten Ende des Spectrums hin verschoben, was dieses Spectrum dem des frischen Chlorophylls näher bringt. Sieht man von diesen Theilungen ab, deren letztere die Chlorophylllösung höchstens in sehr undeutlichen Spuren zeigt und denen als charakteristisches Erkennungszeichen wohl kein großer Werth zukommt, so darf man annehmen, daß das Phylloxanthin nichts anderes ist als modificirtes Chlorophyll; frisches Phylloxanthin zeigt eine bemerkenswerthe Verschiebung von Streif III und V im Sinne des frischen Chlorophylls.

Auch die von uns angestellte spectroscopische Untersuchung eines grünen und eines gelben nach Kromeysers²⁾

1) *Compt. rend.* 1860, auch *Annales des sciences naturelles. Botanique.* 1860.

2) H. Ludwig in Bley's Archiv der Pharmacie, Bd. CVI im Auszuge Chem. Centralblatt 1861 und Kopp und Will, Jahresbericht über die Fortschritte der Chemie für 1861.

Method
wir vor
sammen
nach ein
aus dem

Den
nen un
durch
lassen.
beide K
säure o
troskop
vorgeno
tionsspe
Chlorop
und der
tion etw
rophyll
ihrer N
birte n
Theil d
chrom
erhält n
und der

Auc
Chlorop
lische L
in Aeth
zugeset
smaragd
Aethers
erschei
grüne S

1) *Arch*

im A

2) *Com*

3) *Ann*

Methode aus dem Chlorophyll dargestellten Stoffes, die wir vornahmen, ergab, dafs sie nicht das Chlorophyll zusammensetzen können. Dasselbe zeigte Micheli¹⁾ von den nach einer andern 1865 von Frémy²⁾ angegebenen Methode aus dem Chlorophyll dargestellten Stoffen.

Dennoch scheint dasselbe aus zwei Körpern, einem grünen und einem gelben zusammengesetzt, die sich einfach durch mechanisches Filtriren durch Beinschwarz trennen lassen. Diefs fand 1868 Filhol³⁾, sowie auch, dafs er beide Körper durch Behandeln des Chlorophylls mit Oxalsäure oder Weinsäure getrennt erhalten konnte. Die spectroscopische Untersuchung beider Stoffe, die Filhol nicht vorgenommen, ergab das Fig. 6 Taf. III gezeichnete Absorptionsspectrum. Dasselbe unterscheidet sich nur dadurch vom Chlorophyllspectrum, dafs der hellere Streifen zwischen V und dem Ende des Spectrums bei wachsender Concentration etwas länger sichtbar bleibt, als bei modificirtem Chlorophyll. Die Untersuchung des gelben Filtrats zeigte nach ihrer Neutralisation keine Absorptionsstreifen mehr, absorbirte nur den Fig. 6 durch $\alpha\beta$ begränzten brechbareren Theil des Spectrums. Auch zeigte sie keine Spur von Dichroismus. Das Spectrum des modificirten Chlorophylls erhält man demnach durch Aufeinanderlagerung des grünen und des gelben nach Filhol dargestellten Stoffes.

Auch ausserdem zeigt der grüne Stoff Filhol's ein dem Chlorophyll analoges Verhalten. Dampft man die alkoholische Lösung ein und löst den Rückstand, was leicht geht, in Aether auf, so wird Salzsäure, der ätherischen Lösung zugesetzt, wie die der Chlorophylllösung zugesetzte, schön smaragdgrün. Während aber bei dieser die trüb gewordene Aetherschicht gelb mit einem Stich ins Grüne erscheint, erscheint sie bei jener nur weifslich grün. Trennt man die grüne Schicht ab und neutralisirt die Säure mit Ammoniak,

1) *Archives des sciences de la bibliothèque universelle de Genève*, 1867, im Auszuge Botan. Zeitung Bd. XXV.

2) *Compt. rend. T. LXI.*

3) *Annales de chim. et de phys. 4. Sér. T. XIV.*

so scheidet sich in beiden Fällen eine untere klare Auflösung von Salmiak ab, über der eine olivenfarbige oder mai-grüne Schicht bleibt, jene wenn die Säure der Chlorophyll, diese wenn sie der grünen Lösung Filhol's zugesetzt war. Beide entstehenden Farben sind denen der ursprünglichen Lösung gleich. Die Sättigung der Säure scheint also, wofür auch die spectroskopische Untersuchung spricht, den ursprünglichen Stoff wiederherzustellen.

Hiermit stimmt auch die Angabe Timiriaseffs überein, welcher fand, dafs die näheren Bestandtheile des Chlorophylls ein gelber Körper, den er Phylloxanthin nennt und die Ammoniakverbindung eines grünen Körpers des Chlorophyllin sey. Dieser Ammoniakverbindung verdanke das Chlorophyll seine charakteristischen Absorptionsstreifen. Ammoniak erzeugte jedoch in der alkoholischen Lösung einen grünen unlöslichen Niederschlag, der sich in Salzsäure löste. Wir müssen dahin gestellt seyn lassen, ob der grüne Stoff Filhol's mit dem Chlorophyllin Timiriaseff's oder dessen Ammoniakverbindung übereinkomme.

Durch anhaltendes Kochen in Alkohol erhielten wir aus trocknen Blättern, wie sie in den letzten Tagen des Decembers noch an mehreren Stämmchen von *Fagus silvatica* hingen, eine braungelbe Lösung, die auf den ersten Blick mit dem gelben Derivate Filhol's identisch scheint. Mit Oxalsäure behandelt, verhielt sie sich aber wie Chlorophylllösung und liefs sich, wie jene, in eine grüne stark fluorescirende und in eine gelbe ganz und gar nicht dichroitische Flüssigkeit zerlegen. Die Absorptionsspectren der beiden stimmten genau mit den Derivaten Filhol's überein, die grüne Lösung hatte wohl einen Stich ins Gelbliche. Das Verhalten der braunen neutralisirten Lösung aus gelben und grünen Blättern war ebenso das nämliche. Das Verhalten der beiden grünen und gelben Lösungen gegen Salzsäure war auch dasselbe. Die mikroskopische Untersuchung gelber Blätter zeigt, in Uebereinstimmung hiermit, mit wenigen Chlorophyllkörnern eine Menge Körnchen eines gelben Stoffes. Mit dem Gelbwerden der Blätter scheint also das

Chlor
oder
La

VII.

Die
sten w
und H
unters
Endre
Vorga
liegt h
in eine
gewöhn
Indess
sinne
meters
nämlic
Strom
einer
einen
Strom
den.
calibri
den Z
man d
Un
zu ma
1) Fis
2) Po

Chlorophyll zu schwinden, indem es entweder absorbiert oder in den gelben Stoff umgewandelt wird.

Leiden im Februar 1871.

VII. *Ueber den Stofs elastischer Körper und eine numerische Bestimmung der Stofszeit; von Heinr. Schneebeil.*

Die Gesetze des Stosses elastischer Körper sind seit ihrer ersten wissenschaftlichen Untersuchung durch Wallis, Wren und Huyghens¹⁾ (1669) bis jetzt nur nach einer Seite untersucht worden; man hat nämlich immer nur auf das Endresultat Rücksicht genommen, während der eigentliche Vorgang des Stosses ziemlich mystisch blieb. Der Grund liegt hauptsächlich darin, daß der Stofs elastischer Körper in einer ganz minimalen Zeit vor sich geht, die sich mit den gewöhnlichen Zeitmessungsmitteln gar nicht bestimmen läßt. Indessen hat schon im Jahre 1845 Pouillet²⁾ ein sehr sinnreiches Mittel angegeben, um vermittelst des Galvanometers solche äußerst kurzen Zeiträume zu messen. Er läßt nämlich auf ein feines Galvanometer einen ziemlich starken Strom von beiläufig sechs Daniell'schen Elementen während einer sehr kurzen Zeit wirken. Das Galvanometer wird einen Ausschlag zeigen und zwar je nach der Dauer des Stromes wird die Nadel mehr oder weniger abgelenkt werden. Ist nun das Galvanometer auf irgend eine Weise so calibriert, daß man für jeden Ablenkungswinkel desselben den Zeitwerth bei bestimmter Stromstärke kennt, so kann man dasselbe sofort als Chronoskop benutzen.

Um nun auf dieses Princip gegründete Anwendungen zu machen, war es vor Allem aus nöthig, eine geeignete

1) Fischer, Geschichte der Physik, Bd. 1, S. 360.

2) Pouillet, Pogg. Ann. Bd. 64, S. 452.

Einrichtung zu treffen, um aus dem Ausschlag des Galvanometers sofort die Zeit, während welcher der Strom wirkte, oder also das Ereigniß stattfand, zu bestimmen.

Pouillet benutzte zu diesem Zwecke eine rotirende Glasscheibe, auf der als Radius eine schmaler Streifen Zinnfolie aufgeklebt und leitend mit der Axe verbunden war. Ist nun die Axe der eine Pol einer Batterie, während der andere Pol derselben in Form einer Feder auf der Scheibe schleift, so ist der Strom nur geschlossen, wenn die Feder auf dem Streifen schleift, also nur während einem sehr kleinen Theil der Umdrehungszeit. Die Berührungszeit kann man nun entweder größer oder kleiner machen, indem man nur die Feder entweder nach dem Centrum oder der Peripherie hinbewegt, oder auch indem man die Umdrehungsgeschwindigkeit ändert. Auf diese Weise kann man sich eine Tabelle anlegen, in der für jede Berührungszeit der zugehörige Galvanometerausschlag angegeben ist. Mit dem so calibrirten Galvanometer kann man dann ohne weiteres die Dauer von Ereignissen bestimmen, indem man den Versuch einfach so einrichtet, daß während der Ereignisse der Strom durch das Galvanometer geht und nachher in der Tabelle für den betreffenden Ausschlag die zugehörige Zeit entnimmt, natürlich immer constanter Strom vorausgesetzt.

Die angeführte Art der Kalibrirung des Galvanometers, so plausibel sie auch ist, leidet aber doch in der Ausführung an so viel Mängeln, daß man für genaue Untersuchungen davon abstrahiren muß. Als geeignetester Ersatz für die rotirende Scheibe erschien das Pendel, das bei seiner horizontalen Bewegung über ein Blättchen schleift, oder auch ein entweder frei- oder auf einer schiefen Ebene fallender Körper, der während einer kurzen Strecke seines Falles einen Strom schließt. Beide haben vor der Scheibe den großen Vortheil, daß ihre Bewegung ganz regelmäßig ist und in jedem Moment ganz genau ermittelt werden kann. Ich benutzte das erstere, und zwar will ich seine Einrichtung beschreiben, in der ich es nach vielen Bemühungen gebrauchen konnte.

Da
aus m
zontal
dern
In der
der d
Länge
Tisch,
einges
fen w
eine C
Ebene
Die
dersell
es gel
den S
stand
dern a
die W
theilw
die V
schöne
einzig
Da
dem M
Band
Die
Lä
der Fe

1) Für
essire
selbe
befin
Pogge

§. 1. Calibrirung des Galvanometers mit dem Pendel ¹⁾.

Das Pendel, das man zum Calibriren benutzte, besteht aus mehreren starr verbundenen Stäben, die in einer horizontal drehbaren Axe eingesetzt sind und welche am andern Ende zu einer 11 Pfd. schweren Messingkugel gehen. In dem durch die Kugel gehenden Stift sind neben einander drei Stücke einer Uhrfeder eingelöthet von etwa 15^{mm} Länge. Unter dem Pendel befindet sich ein verschiebbarer Tisch, auf dem ein Streifen glasharter Strahl in Kammmasse eingesetzt ist. An der Stelle, wo die Feder über den Streifen weggeht, stößt gegen denselben auf der einen Seite eine Glasplatte, die mit demselben in einer horizontalen Ebene liegt, und zwar ist der trennende Spalt sehr fein.

Die Feder schleift zuerst auf dem Glas, die drei Theile derselben werden dadurch in dieselbe Ebene gedrückt und es gelangen so ihre Endpunkte als eine gerade Linie auf den Stahlstreifen. Auf diese Weise ist ein großer Uebelstand der Methode vermieden, indem das Springen der Federn an der Spalte beinahe unschädlich gemacht ist; denn die Wahrscheinlichkeit, daß alle drei Federn gleichzeitig theilweise über den Streifen springen, ist jedenfalls gering; die Versuche mit dieser Einrichtung haben auch immer schöne constante Werthe geliefert, während dieß mit einer einzigen Feder nicht der Fall war.

Das Stahlstück ist genau geschliffen, so daß es unter dem Mikroskop der Theilmaschine als ein scharf begränztes Band erscheint.

Die Dimensionen der Vorrichtung waren folgende:

Länge des Pendels von der Mitte der Axe bis zur Spitze der Feder:

$$L = 2320^{\text{mm}}.$$

- 1) Für diejenigen, welche sich vielleicht mehr für diese Anordnung interessieren, will ich erwähnen, daß sich eine schematische Zeichnung derselben in der Vierteljahrsschrift der Zürcher naturf. Gesellschaft 1869 befindet.

Länge des mathematischen Pendels (durch Versuch) bestimmt:

$$l = 2160^{\text{mm}}.$$

Breite des Stahlstreifens:

$$b = 0^{\text{mm}},850.$$

Aus diesen Gröfsen können wir dann sofort berechnen, wie lange für verschiedene Elongationen des Pendels der Strom geschlossen ist.

Es ist nämlich die Berührungszeit oder die Zeit des Stromschlusses:

$$t = \frac{b'}{v}.$$

Unter b' haben wir zu verstehen die Streifenbreiten b , vermehrt um das schleifende Stück der Feder Ab . Die Gröfse Ab kann man nicht bestimmen, man mufs daher suchen, dieselbe so klein wie möglich zu machen; man erreichte dies, indem man der Feder eine schwache Biegung gab, so dafs sie nur auf ihre Kante auflag.

v ist die Geschwindigkeit des Endpunktes der Feder, wenn das Pendel seine tiefste Lage erreicht hat; man erhält dieselbe auf folgende Weise:

Ist l die Länge des mathematischen Pendels

L „ „ „ materiellen Pendels

φ die Elongation des Pendels,

so ergibt sich sofort:

$$v = \frac{L}{l} \sqrt{2gh}$$

worin:

$$h = l(1 - \cos \varphi).$$

Zur Beobachtung dieser sehr kurzen Ströme diente ein fein gestelltes Meyerstein'sches Galvanometer mit Spiegelablesung und als elektromotorische Kraft 1 oder 2 gut gereinigte Bunsen'sche Elemente, die wirklich allen Anforderungen sehr gut entsprachen.

Man bildete nun, um das Galvanometer zu calibriren, eine Tabelle, bei welcher eine Columnne die Anzahl der durch das Fernrohr abgelesenen Scalentheile, um welche die Nadel abgelenkt und die zweite Columnne die entsprechende

Zeit des Stromschlusses enthielt, welche aus den verschiedenen Pendelelongationen ermittelt wurde.

Da aber die Berührungszeiten umgekehrt proportional sind den Wurzeln aus den Fallhöhen des Pendels, hat man der Einfachheit wegen $\frac{1}{\sqrt{H}}$ hingesetzt.

Um nun ferner den Zusammenhang zwischen der Berührungszeit und dem Galvanometerausschlag übersichtlich darzustellen, trug man die erhaltenen Resultate graphisch auf, $\frac{1}{\sqrt{H}}$ als Abscisse und die zugehörigen Ausschläge des Galvanometers als Ordinate. Man erhielt auf diese Weise ziemlich genau eine gerade Linie, die annähernd durch den Nullpunkt des Coordinatensystems geht oder mit anderen Worten, das für die Versuche sehr wichtige Resultat:

Der Ausschlag des Galvanometers ist proportional der Zeit des Stromschlusses; man kann daher das eine für das andere setzen.

Die Zeiträume in denen man den Strom wirken liefs variiren ungefähr zwischen 0,00015 bis 0,00070 Secunden.

Nach diesen einleitenden Untersuchungen konnte nun die eigentliche Aufgabe, die man sich gestellt hatte, leicht gelöst werden. Es sollte nämlich untersucht werden, von welchen Umständen hängt beim Stofs elastischer Körper die Berührungszeit derselben ab.

Das untersuchte Material war ausschliesslich glasharter Stahl; ferner prüfte ich vorerst einen speciellen Fall des Stosses, nämlich wo derselbe gegen eine feste Ebene ausgeübt wurde. Als feste Ebene benutze man die Stirnfläche eines festgeschraubten Stahlcylinders von etwa zwei Meter Länge und 36^{mm} Durchmesser. Ich möchte indess hier schon erwähnen, dafs man sich wahrscheinlich auf dies Material bei fernerer Untersuchungen wird beschränken müssen, da alle andern Metalle bei einem einigermafsen intensiven Stosse permanente Einbiegungen erhalten und so von keinem Interesse seyn können.

Der Stofs war immer ein gerader, centraler Stofs. Was

nun schliesslich die Anordnung betrifft, so war sie folgendermassen: der feste Stahlstab, dessen eine Stirnfläche glashart und gut polirt war, wurde auf einen schweren Tisch festgeschraubt und in metallische Verbindung mit dem Galvanometer gebracht.

Der stossende Körper, entweder Cylinder oder Kugeln, wurden pendelartig aufgehängt und zwar immer an dieselben Drähte, die oben an einem verschiebbaren Stativ befestigt waren. Von einem dieser beiden Drähte ging nun ein Verbindungsdraht zur Säule und von dieser zum Galvanometer. Der Strom war also nur geschlossen, wenn der stossende Körper die feste Ebene berührte, und konnte also nur während dieser Zeit, der *Stosszeit*, das Galvanometer afficiren. Da wir nun aber früher bewiesen haben, dass die Berührungszeit in diesen Gränzen porportional ist der Anzahl Scalentheile um welche der Magnet abgelenkt wird, konnte man zur Vergleichung der Stosszeiten einfach den Ausschlag des Galvanometers benutzen. Es wird eine solche relative Vergleichung genügen, um wenigstens die qualitativen Gesetze des Stosses aufzufinden. Ich gebe daher im Folgenden einfach die Ausschläge des Galvanometers unter den verschiedenen Umständen und begnüge mich bloß für einen Fall die numerische Zeit durch directe Pendelvergleichung anzugeben.

Wie schon erwähnt, waren die stossenden Körper entweder Cylinder, an welche vorn ein Kugelsegment angebracht war oder aber Kugeln. Es möchte nun vielleicht scheinen, dass man sich Verschiedenheiten in der Berührungszeit bei verschiedenen Umständen theilweise daraus erklären könnte, dass sich der Widerstand, den der Strom beim Uebergang von der einen zur anderen Fläche trifft, bei verschiedenen Krümmungen, verschiedener Intensität des Stosses etc. stark ändert und dadurch verschiedene Ausschläge hervorgebracht werden. Um dies zu prüfen, mass ich den Widerstand den zwei kleinere Kugeln boten, als man sie lose gegeneinander hängte. Der Widerstand derselben war selbst in diesem extremsten Falle so klein

(0,12 S
nomet
nicht

§. 2.

Al
von 7
dem d
gelseg
delarti
von d
fallen
Di

V
anföh
verlau

Es
fsende
wie e
geht:
durch
auch
habe,
menh
rührt

(0,12 S. E.) gegenüber dem Widerstand der Leitung, Galvanometer und dem Elemente, dafs er offenbar die Resultate nicht wesentlich beeinflussen kann.

§. 2. Abhängigkeit der Stofszeit von der Masse des stofsenden Körpers.

Als stofsende Körper benutzte man vier Stahlcylinder von 70^{mm} Länge und verschiedenem Querschnitt. An jedem derselben war nach demselben Kreisabschnitt ein Kugelsegment angedreht; sie waren, wie schon erwähnt, pendelartig an zwei Drähten aufgehängt und wurde nun jeder von demselben Elongationswinkel gegen die feste Ebene fallen gelassen.

Die Gewichte der vier Stücke waren:

No. I	695 ^{gr}
„ II	498 ^{gr}
„ III	346 ^{gr}
„ IV	255,5 ^{gr} .

Von den zahlreichen Versuchsreihen will ich nur eine anführen, da die anderen alle ungefähr in derselben Weise verlaufen:

	Ausschlag
No. I	41,8
„ II	33,5
„ III	23,4
„ VI	18,2.

Es nimmt also die Stofszeit zu mit der Masse des stofsenden Körpers und zwar beinahe proportional derselben, wie es sofort aus der graphischen Darstellung folgt. Es geht zwar die Verbindungslinie der vier Punkte nicht genau durch den Nullpunkt des Coordinatensystems, was ich auch bei den meisten anderen Versuchsreihen gefunden habe, indessen kann diess seinen Grund in der Unvollkommenheit der Meßapparate haben, die ich schon früher berührt habe.

§. 3. Abhängigkeit der Stofszeit von der Fallhöhe des stofsenden Körpers.

Um diese Beziehung näher kennen zu lernen, benutze man Kugeln als stofsende Körper. Da sie pendelartig aufgehängt waren, variierte man einfach die Elongation derselben.

Trägt man die aus den Elongationen berechneten Fallhöhen als Abscissen auf und die zugehörigen Ausschläge des Galvanometers als Ordinaten, so ergeben sich für sämtliche Kugeln, die untersucht wurden, Curven wie sie in Fig. 3 Taf. III angegeben sind; also das nach dem Vorigen sehr überraschende Resultat, *dafs wenn die Fallhöhe zunimmt, die Stofszeit kleiner wird.*

§. 4. Abhängigkeit der Stofszeit von dem Krümmungsradius des stofsenden Körpers.

Vier Cylinder von ungefähr 70^{mm} Länge und 30^{mm} Durchmesser, die durch Feilen und Abdrehen genau dieselbe Masse hatten, und an welchen vorn verschiedene Kugelsegmente angedreht waren, wurden von derselben Höhe gegen die feste Ebene fallen gelassen. Es war also bei denselben der einzige Unterschied: der verschiedene Krümmungsradius der Anschlagfläche. Die Krümmungsradien dieser Flächen wurden auf optischem Wege bestimmt und gefunden zu:

No. I	$r = 5,2$
„ II	$= 11,6$
„ III	$= 29,0$
„ IV	$= 62,0.$

Das Galvanometer ergab für die verschiedenen Krümmungsradien folgende Ausschläge:

No.	Ausschläge
I	101,0
„ II	90,8
„ III	72,5
„ IV	41,3.

Es folgt also hieraus: *Die Stofszeit nimmt ab, wenn*

der Krümmungsradius der Anschlagfläche zunimmt. Es ist indess diese Abnahme eine sehr schwache. Leider stellen sich dem Falle, wo wir zwei ebene Flächen gegeneinander stoßen lassen, sehr große Schwierigkeiten in der Ausführung entgegen, so daß es mir mit meinen Mitteln nicht möglich war diesen Fall herzustellen.

§. 5. Abhängigkeit der Stoßzeit von der Länge des stoßenden Körpers.

Es bleibt, soviel ich übersehe, nur noch ein Moment zur Untersuchung übrig, nämlich den Einfluß der Länge des stoßenden Körpers zu prüfen.

Vier Cylinder von folgenden Dimensionen sollten diese Frage entscheiden:

	Länge	Gewicht
No. I	58,2 ^{mm}	506,0 ^{gr}
„ II	204,0	503,5
„ III	396,5	501,5
„ IV	775,0	503,5.

(Krümmungsradius der Anschlagfläche 7,5^{mm}).

Aus den zahlreichen Versuchsreihen möchte ich bloß eine als Beispiel der quantitativen Abhängigkeit anführen. Es ergaben:

	Galvanometerausschlag
No. I	54,2 Scalentheile
„ II	62,9 „
„ III	72,8 „
„ IV	102,0 „

Die Stoßzeit nimmt also zu mit der Länge des stoßenden Körpers, indessen ist der Einfluß derselben noch geringer als derjenige des Krümmungsradius.

§. 6. Stoß gleicher Kugeln.

Unsere physikalische Sammlung besitzt ein System von glasharten Stahlkugeln von verschiedenen Größen zur Demonstration der Stoßgesetze. Mit denselben sollte nun noch folgender Versuch angestellt werden: Wie verhält

sich die Stofszeit, wenn man zwei gleiche Kugeln gegeneinander stoßen läßt, wenn:

- 1) die gestofsene Kugel frei hängt;
- 2) die gestofsene Kugel fest ist.

Da der zweite Fall sich praktisch nur mit weitläufigen Vorrichtungen herstellen läßt, so wurde die Art des Versuches folgendermassen modificirt.

Man liefs die gestofsene Kugel gegen den festen Stahlstab lehnen, so dafs sie beim Stofs, der immer genau central ausgeführt wurde, nicht ausweichen konnte. Ferner wurde dann noch ein Hilfsversuch angestellt, der vielleicht bei analytischen Entwicklungen von Wichtigkeit werden kann, man bestimmt nämlich noch die Dauer der Berührung der Kugel, wenn man sie gegen den festen Stab fallen läßt. Der bequemern Orientirung wegen sind die drei Fälle in Fig. 4 Taf. III schematisch vorgestellt, und zugleich durch die zu den betreffenden Fällen beigesetzten Buchstaben *a*, *b*, *c* die zugehörigen Ausschläge des Galvanometers bezeichnet.

Die Bestimmungen mit zwei Kugeln vom Gewichte $p = 110^{\text{gr}},0$ ergaben aus mehrern Versuchsreihen das Resultat:

$$b = 3a = 4c.$$

So z. B. ergab eine Versuchsreihe mit den beiden obigen Kugeln:

$$\begin{aligned} a &= 21,3 \text{ Scalentheile} \\ b &= 66,0 \text{ " } \\ c &= 15,6 \text{ " } \end{aligned}$$

Um nun zu sehen, ob vielleicht dies Resultat nur eine specielle Eigenschaft dieser zwei Kugeln sey, wurde ganz derselbe Versuch mit einem andern Kugelpaar vom Gewicht 155,0 Grm. ausgeführt. Es sey hier eine Versuchsreihe angeführt:

$$\begin{aligned} a &= 20,5 \text{ Scalentheile} \\ b &= 61,6 \text{ " } \\ c &= 15,0 \text{ " } \end{aligned}$$

also wieder eine Uebereinstimmung mit obiger Formel, wie man sie überhaupt nur erwarten kann.

§. 7. Stofs ungleicher Körper, die frei hängen.

Zwei Kugeln, deren Gewichte sich verhalten wie 1 : 4, liefs man gegeneinander stossen: sie ergaben folgende Ausschläge:

Kleine gegen die grofse: 14,4 Scalentheile

Grofse gegen die kleine: 14,6 "

Zwei andere Kugeln, deren Gewichte sich verhielten wie 1 : 2, ergaben:

Kleine gegen die grofse: 21,7 Scalentheile

Grofse gegen die kleine: 20,9 "

Es ist also kein Unterschied vorhanden, ob man die kleinere Kugel gegen die gröfsere, oder umgekehrt stossen läfst.

Um indessen einen ganz evidenten Beweis zu haben, hing man den früher erwähnten Stahlstab vom Gewicht $p = 17000$ Gramm an Stricken auf und liefs gegen denselben die Kugel vom Gewichte 220 Grm. stossen und nachher von derselben Höhe den Stab gegen die Kugel fallen. Man erhielt

Im ersten Falle 32,5 Scalentheile Ausschlag

» zweiten » 33,2 " "

womit also der Satz erwiesen ist:

Beim Stofs zweier elastischer Körper, die frei hängen, ist es für die Dauer der Berührung gleichgültig, welcher derselben der gestofsene oder stofsende Körper ist.

§. 8. Numerische Bestimmung der Stofszeit.

Die Zeit der Berührung beim Stofs glasharter Stahlkörper ist numerisch sehr klein. Um einen Begriff zu geben, will ich für einen Fall den Werth angeben; man kann sich dann leicht aus den mitgetheilten Resultaten für andere Fälle den Werth ungefähr herleiten. Die Stofszeit des Cylind-

ders No. I §. 2, vom Gewichte 695 Grm., betrug bei einer Fallhöhe von 33^{mm} (gegen den festen Stahlstab und durch directe Pendelvergleichung gemessen)

$$t = 0,00019 \text{ Sekunden.}$$

Berlin den 23. Mai 1871.

VIII. Ueber das Brechungsverhältniß des Fuchsins ¹⁾; von C. Christiansen.

Indem ich die Phänomene näher untersuchte, welche die totale Reflexion an der Gränzfläche zwischen Glas und Flüssigkeiten begleiten, beobachtete ich, daß eine wässrige oder alkoholische Auflösung von Anilinroth (Fuchsin) ein eigenthümliches Verhalten zeigt²⁾. Im Allgemeinen ist das unter solchen Verhältnissen zurückgeworfene Licht weiß, und deutlich getheilt in zwei Partien, zwischen denen die bekannte farbige Gränze liegt. Diese ausgenommen, zeigt das reflectirte Licht gar keine Farben. Es verhält sich aber ganz anders, wenn man das Prisma mit Anilinroth befeuchtet: in diesem Falle nimmt die sogenannte Gränze den ganzen Raum ein; das reflectirte Licht ist gefärbt, welchen Werth auch der Incidenzwinkel habe. Die Farbe ist aber sehr verschieden in verschiedenen Richtungen. Das senkrechte von der Gränzfläche zwischen Glas und Anilinroth reflectirte Licht ist intensiv grün gefärbt, die Farbe geht aber, mit wachsendem Einfallswinkel ziemlich plötzlich in Blau über, es tritt somit die totale Reflexion für diese Farbe ein. Die Farbe wird nun folgeweise violett, purpurroth, rosenroth, und, wenn die Auflösung nicht zu stark ist, zuletzt weiß.

1) Abgekürzte Uebersetzung einer durch Hrn. Prof. Holten der Gesellschaft d. Wissenschaften zu Kopenhagen in der Sitzung am 17. Febr. 1871 vorgelegten Abhandlung.

2) Ann. Bd. 141, S. 479.

Im Spectroskope untersucht, löst das reflectirte Licht sich auf folgende Weise in seine einzelnen Farben auf. Das grüne Licht ist fast rein, es besteht aus Licht, dessen Platz im Spectrum zwischen den Linien *E* und *F* ist. Von Gelb und Orange ist keine Spur vorhanden, und außerordentlich wenig Roth. Mit wachsendem Einfallswinkel kommt zuerst Blau und Violett und zwar in voller Stärke hinzu, dann Roth, Orange, und zuletzt Gelb.

Um das Auftreten der Farben in dieser eigenthümlichen Ordnung zu erklären, muß man nothwendig annehmen, daß die Brechungsverhältnisse der genannten Auflösung auf eine bisher beispiellose Weise von der Wellenlänge abhängig sind. Nach jenen geordnet würden die Farben folgenderweise auf einander folgen; erst Blau und Violett, dann Roth, Orange, Gelb. Es schien mir aber dieses Verhältniß so auffallend und für die Lichtheorie so wichtig, daß ich es unternahm, dasselbe durch directe Versuche nachzuweisen.

Die farbige Reflexion, die ich beschrieben habe, zeigt sich außerdem bei manchen anderen Gelegenheiten. Ein in einem mit Oel gefüllten Glase sinkendes Tröpfchen der Auflösung zeigt, von oben oder von der Seite betrachtet, verschiedene Farben, am deutlichsten die früher genannten grünen und blauen Farben. Dasselbe wiederholt sich, wenn man ein mit der Flüssigkeit gefülltes Probeglas ins Oelgefäß stellt.

Auf dieselbe Weise, aber mit anderen Farben, verhält sich das Anilinviolett.

Um die Brechungsverhältnisse des Fuchsins direct zu messen habe ich den in Fig. 5 Taf. III gezeichneten Apparat angewendet. *AB* und *A₁B₁* sind zwei senkrecht gestellte Glasplatten, die einander in *A* berühren. Auf eine Weise, die leicht aus der Figur zu ersehen ist, sind sie in den Messingfassungen *CD*, *C'D'*, befestigt; die eine, *C'D'*, wird durch die Pfeiler *aa*, die im Unterlager eingelöthet sind, fest gehalten, *CD* aber ist beweglich. Bei *A* ist sie mittelst der Feder *F* gegen *A₁B₁* gedrückt, ihr anderes Ende

wird mittelst der Schrauben *E* festgehalten, wodurch man dem brechenden Winkel jede gewünschte Gröfse geben kann.

Die stark gefärbte Flüssigkeit bringt man nun tropfenweise in das auf diese Weise gebildete Hohlprisma hinein; eine zwar kleine, aber doch hinreichende Flüssigkeitsmasse wird durch die Capillarität zwischen den Glasplatten bei *A* festgehalten. Betrachtet man dadurch einen leuchtenden Spalt, so zeigt sich dessen farbiges Bild ziemlich deutlich, die Farben bieten aber eigenthümliche Helligkeitsunterschiede dar und sind anders geordnet als gewöhnlich.

Während die grünen und zum Theil auch die gelben Strahlen von der Auflösung absorbirt werden, fehlen diese Farben fast ganz im Spectrum. Es besteht dann aus zwei durch einen dunklen Zwischenraum getrennten Partien, die eine, deren hervortretende Farbe Roth ist, und die die am meisten abgelenkte ist, und eine andere, weniger abgelenkte, die einfarbig violett erscheint. Im ersten, rothen Theil, unterscheidet man deutlich Roth, Orange und etwas Gelb, diese Farben ordnen sich aber wie gewöhnlich.

Um dies an einem Beispiele zu zeigen, werde ich die Ergebnisse zweier vorläufigen Versuche mittheilen. Zu diesen wie zu allen folgenden Versuchen wurden alkoholische Auflösungen angewandt. Die Resultate waren, wenn *p* der brechende Winkel, *a* die Minimalablenkung, *n* das Brechungsverhältnifs ist:

	Erstes Prisma		Zweites Prisma	
	<i>p</i> = 0° 56' 40"	<i>n</i>	<i>p</i> = 1° 14' 40"	<i>n</i>
Am wenigsten abgelenktes Violett	0° 16' 20"	1,288	0° 19' 20"	1,259
Am meisten abgelenktes Violett	21' 10"	1,371	30' 20"	1,406
Am wenigsten abgelenktes Roth	28' 0"	1,494	37' 0"	1,459
Orange	31' 50"	1,559	42' 0"	1,563
Am meisten abgelenktes Gelb	45' 50"	1,806	55' 0"	1,737.

Zum Vergleich habe ich die minimalen Ablenkungen für Alkohol in Prismen mit denselben brechenden Winkeln berechnet.

	n	α	α
B	1,3628	20' 34"	27' 6"
D	1,3654	20' 42"	27' 18"
E	1,3675	20' 50"	27' 26"
F	1,3696	20' 56"	27' 36"
G	1,3733	21' 10"	27' 52"
H	1,3761	21' 18"	28' 6"

Dieses alles wird durch Fig. 6 und 7 Taf. III versinnlicht, und zeigt Fig. 6 das Spectrum des Prismas mit $p = 0^\circ 56' 40''$, Fig. 7 mit $p = 1^\circ 14' 40''$. Als Abscissen sind die Ablenkungen, in Bogenminuten ausgedrückt, aufgetragen, die Ordinaten aber sollen ein Bild von den Intensitätsverhältnissen im Spectrum geben. Bei α ist in beiden Zeichnungen das Spectrum des Weingeistes angedeutet, das Rothe links, das Violette rechts. $\gamma\beta\delta\epsilon\zeta$ ist das Anilinspectrum. Seine im Vergleich mit dem Alkoholspectrum außerordentliche Ausbreitung giebt das beste Bild von dem Dispersionsvermögen des Fuchsins. Der am wenigsten abgelenkte Theil $\beta\gamma$ ist violett, nach einem größeren dunklen Zwischenraum $\beta\delta$ folgt dann in $\delta\epsilon\zeta$ Roth, Orange und Gelb. Das grüne Licht fehlt ganz und gar, es scheint aber, daß es zwischen ζ und γ zu suchen sey, und ich glaube, daß es über den ganzen Raum $\zeta\gamma$ ausgebreitet ist.

Die vorhergehenden Resultate und Vermuthungen zu bekräftigen, habe ich eine Reihe Versuche mit demselben Prisma angestellt, die zwar noch vieles zu wünschen lassen, doch aber zur Genüge deren Wahrheit darlegen. Es war mir vornehmlich darum zu thun, die aus der Verdampfung des Lösemittels entspringende Aenderung der Brechungsverhältnisse zu vermeiden.

Die Versuche wurden mit Babinet's Goniometer angestellt, sein Collimator war mit einem Spalt versehen, der in das durch ein Spectroskop, dessen Fernrohr besei-

tigt, und dessen Spalt hinlänglich verschoben worden, gebildete Sonnenspectrum gestellt war. Auf diese Weise konnte das Brechungsverhältniß des Fuchsins für jede Farbe gefunden werden. Um aber die Versuche in kurzer Zeit vollenden zu können, mafs ich nur die Differenzen der Ablenkungen. Es sey der brechende Winkel p , die Ablenkung für einen willkürlichen Theil des Spectrums a und das Brechungsverhältniß n , so hat man, weil p sehr klein ist

$$a + p = np.$$

Es sey ausserdem a_H und n_H respective die Ablenkung und das Brechungsverhältniß für die Fraunhofer'sche Linie H und

$$a_H + p = n'_H \cdot p,$$

es ist dann

$$n - n_H = \frac{a - a_H}{p}.$$

Die auf diese Weise gefundenen Werthe von $n - n_H$ für vier alkoholische Auflösungen des Fuchsins finden sich in den folgenden Tabellen.

Lösung I.

18,8 Proc. Fuchsin enthaltend.

Theil des Spectrums	Prisma I. $p = 1^\circ 36'$		Prisma II. $p = 1^\circ 13'$		Prisma III. $p = 3^\circ 7'$		Mittel von $n - n_H$
	$a - a_H$	$n - n_H$	$a - a_H$	$n - n_H$	$a - a_H$	$n - n_H$	
$B \rightarrow$	$0^\circ 14'$	0,146	$0^\circ 11'$	0,151	$0^\circ 22'$	0,118	0,138
C	$0^\circ 18'$	0,198			$0^\circ 34'$	0,182	0,190
$C \frac{1}{2} D$			$0^\circ 15'$	0,206	$0^\circ 40'$	0,214	0,210
D	$0^\circ 22'$	0,230	$0^\circ 21'$	0,288	$0^\circ 43'$	0,230	0,249
$D \frac{1}{2} E$	$0^\circ 17'$	0,177			$0^\circ 27'$	0,144	0,160
$D \frac{1}{2} E$			$0^\circ 13'$	0,178			0,178
$b \frac{1}{2} F$			$0^\circ 3'$	0,004			0,004
F	$-0^\circ 2'$	-0,021					-0,021
$F \frac{1}{2} G$			$+0^\circ 2'$	-0,027			-0,027
H							0,000

Theil
des
Spectrums

$B \rightarrow$

C

$D \rightarrow$

D

$D \frac{1}{2}$

$D \frac{1}{2}$

$F \rightarrow$

F

$F \rightarrow$

$F \frac{1}{2}$

G

H

Theil
des
Spectrums

$B \rightarrow$

$B \frac{1}{2}$

C

D

$D \frac{1}{2}$

$D \frac{1}{2}$

$D \frac{1}{2}$

$D \frac{4}{5}$

b

F

$F \frac{1}{2}$

G

H

Lösung II.

17,0 Proc. Fuchsin.

Theil des Spectrums	Prisma I. $p = 2^\circ 58'$		Prisma II. $p = 1^\circ 25'$		Prisma III. $p = 2^\circ 15'$		Mittel von $n-n_H$
	$a-a_H$	$n-n_H$	$a-a_H$	$n-n_H$	$a-a_H$	$n-n_H$	
$B \div$	$0^\circ 21'$	0,118	$0^\circ 12'$	0,141	$0^\circ 13'$	0,096	0,118
C	0 28	0,157			0 19	0,141	0,149
$D \div$			0 18	0,212	0 25	0,185	0,198
D	0 37	0,208			0 27	0,200	0,204
$D \frac{1}{2} E$			0 14	0,165			0,165
$D \frac{1}{2} E$					0 20	0,148	0,148
$F -$			0 5	0,059			0,059
F			0 0	0,000			0,000
$F +$					0 0	0,000	0,000
$F \frac{1}{2} G$			-0 1	-0,012			-0,012
G					-0 3	-0,022	-0,022
H							0,000

Lösung III.

8 Proc. Fuchsin.

Theil des Spectrums	Prisma I. $p =$		Prisma II. $p =$		Prisma III. $p =$		Mittel von $n-n_H$
	$a-a_H$	$n-n_H$	$a-a_H$	$n-n_H$	$a-a_H$	$n-n_H$	
$B \div$	$0^\circ 15'$	0,097	$0^\circ 10'$	0,065	$0^\circ 13'$	0,084	0,081
$B \frac{1}{2} C$	0 16	0,104					0,104
C			0 13	0,084			0,084
D	0 21	0,137	0 15	0,097	0 18	0,117	0,117
$D \frac{1}{2} E$			0 20	0,130			0,130
$D \frac{1}{4} E$					0 23	0,149	0,149
$D \frac{1}{2} E$	0 14	0,091			0 12	0,078	0,084
$D \frac{4}{3} E$			0 12	0,078			0,078
b					0 8	0,052	0,052
F	-0 1	0,006			0 0	0,000	-0,003
$F \frac{1}{2} G$			-0 3	-0,020			-0,020
G	-0 3	-0,020			-0 2	-0,013	-0,016
H							0,000

Lösung IV.

2,5 Proc. Fuchsin.

Theil des Spectrums	Prisma I. $p = 3^{\circ} 33'$		Prisma II. $p = 3^{\circ} 33'$		Prisma III. $p = 4^{\circ} 22'$		Mittel von
	$\alpha - a_H$	$n - n_H$	$\alpha - a_H$	$n - n_H$	$\alpha - a_H$	$n - n_H$	$\alpha - a_H$
B+	0° 3'	0,014	0° 4'	0,018	0° 0'	0,000	0,011
D+	0 5	0,023			0 4	0,015	0,019
D			0 7	0,033			0,033
D+					0 12	0,046	0,046
D $\frac{1}{2}$ E	0 11	0,052	0 9	0,042			0,047
E	0 6	0,028					0,028
b					0 7	0,027	0,027
F	-0 1	-0,005	-0 1	-0,005	-0 2	0,008	-0,006
G	-0 1	-0,005			-0 2	-0,008	-0,006
H							0,000

Um die absoluten Werthe der Brechungsverhältnisse zu finden, habe ich eine Reihe Versuche über die Brechungsverhältnisse des Violett ausgeführt, die aber nicht mit einander übereinstimmend gefunden wurden. Die folgenden sind die wahrscheinlichsten, doch nur als vorläufig zu betrachtende Werthe von n_H .

Lösung	I	II	III	IV	Alkohol
n_H	1,312	1,344	1,372	1,373	1,376

Diese Werthe von n_H in Verbindung mit den im Vorhergehenden gefundenen Werthen von $n - n_H$ geben als die wahrscheinlichen Werthe der Brechungsverhältnisse der vier Lösungen

	I		II		III		IV	
	$n - n_H$	n	$n - n_H$	n	$n - n_H$	n	$n - n_H$	n
B	0,138	1,450	0,118	1,426			0,011	1,384
C	0,190	1,502	0,149	1,493	0,084	1,456		
D	0,249	1,561	0,204	1,548	0,130	1,502	0,046	1,419
F	0,000	1,312	0,000	1,344	0,000	1,372	0,000	1,373
G	-0,027	1,285	-0,022	1,322	-0,018	1,354	0,006	1,367
H	0,000	1,312	0,000	1,344	0,000	1,372	0,000	1,373

Die
stellt.
in Milli
Brechu
hören
dem A
thümlic
Erörte

Na
ser Un
fahren
sultate
sind.

zu ent
kehrun
und V
oder n
dafs d
Wellen

Fa
starke
Lichte
feste S
oft da
unters
das P
pentin
Seite
in ein
von d
schied
Int
von fe
Pogg

Diese Resultate sind in Fig. 8 Taf. III graphisch dargestellt. Die Abscissen sind die Wellenlängen des Lichtes in Milliontel-Millimetern, die Ordinaten aber entsprechen den Brechungsverhältnissen. Die Curven I, II, III und IV gehören den gleichgenannten Auflösungen, die Curve 0 aber dem Alkohole selbst. Die daraus hervortretenden Eigenthümlichkeiten sind so augenfällig, daß sie keiner weiteren Erörterung bedürfen.

Nachschrift.

Nach der vorläufigen Mittheilung der Hauptresultate dieser Untersuchung hat Hr. Prof. Kundt durch dasselbe Verfahren mehrere gefärbte Stoffe untersucht und ist zu Resultaten gekommen, die den von mir gefundenen ähnlich sind. Es bedarf jedoch einer näheren Untersuchung, um zu entscheiden, ob man in diesen Fällen einfach eine Umkehrung des Spectrums vor sich habe oder eine Ausbreitung und Verschiebung dessen einzelner Theile, wie für Fuchsin; oder mit anderen Worten, ob es wirklich allgemein sey, daß *das Brechungsverhältniß eine periodische Function der Wellenlänge ist.*

Fast alle diese Körper zeigen, wie Hr. Kundt bemerkt, starke Körperfarben, die der Farbe des durchgelassenen Lichtes fast complementar sind. Daß viele andere gefärbte feste Stoffe keine Körperfarbe zeigen, beruht gewiß sehr oft darauf, daß man sie nicht unter geeigneten Umständen untersuchte. Nimmt man sie aber in feinem Pulver, streut das Pulver auf matt schwarzes Papier, gießt darüber Terpentinöl und legt über das Ganze ein Prisma, dessen untere Seite durch das Oel befeuchtet wird, so tritt, wenigstens in einzelnen Fällen, eine schöne Metallfarbe hervor, die von der gewöhnlichen Farbe des Körpers durchaus verschieden ist.

Interessant ist auch die Farbenänderung, welche Platten von festem Fuchsin, in verschiedene Oele gebracht, erleiden.

die Farben wechseln dann vom Gelb zum Grün und Blau. Läßt man eine dünne Schicht von rothem oder violettem Anilin sich durch Verdampfung des Lösungsmittels auf die eine Seite eines Prismas absetzen, so kann man die Polarisationsverhältnisse und Phasenänderungen des zurückgeworfenen Lichtes bequem untersuchen und man findet mit wechselnder Schwingungsrichtung Farbenveränderungen so schön und stark, wie man sie mit keinem Metalle erhält.

Das an der Gränzfläche zwischen dem Glase und der Fuchsinbelegung zurückgeworfene Licht ist *grün*, wie es zu erwarten war; das zerstreute Licht aber ist *roth*, entspricht folglich der Farbe des durchgelassenen Lichtes.

Schließlich mag hier noch eine neue Methode zur Bestimmung des Brechungsverhältnisses farbiger Körper angegeben seyn.

AB (Fig. 9 Taf. III) ist ein Collimator, dessen senkrechte Spalte *A*; *C* der bewegliche Tisch des Goniometers *FG*, auf welchem zwei Prismen *P* und *Q* gestellt sind, deren Zwischenraum mit der zu untersuchenden Flüssigkeit gefüllt ist; *H* endlich ist ein Prisma und *K* ein astronomisches Fernrohr. Es falle weißes Licht auf den Spalt *A*, und dringe durch die Prismen *PQ*; alsdann sieht man das Sonnenspectrum im Fernrohr *K*. Wird aber der Tisch hin und her gedreht, so findet in zwei Stellungen desselben totale Reflexion statt; man sieht dann das Spectrum in *K* nach und nach verschwinden und kann aus dem Winkel, um welchen der Tisch von der einen bis zur anderen Stellung gedreht ist, das Brechungsverhältniß der den Zwischenraum ausfüllenden Flüssigkeit bestimmen und zwar für jede der Fraunhofer'schen Linien.

Wenn die Prismen einander sehr nahe gebracht werden treten in der Nähe der Gränze der totalen Reflexion sehr schöne Interferenzfransen auf, die sich durch das ganze Spectrum bewegen, indem sie zu derselben Zeit ihre Farbe stetig ändern.

Auf dieselbe Weise kann man auch das reflectirte Licht zur Bestimmung des Brechungsverhältnisses gebrauchen, es

ist d
das
Ko

In
Körp
gewi
chem
niger
Ich
pers
die
len
nem
Ann
dafs
Disp

Tha
such
ders
Mitt
pers
näm
inde
male
roth

1) S
2) A
au

ist dann aber nothwendig, daß sowohl der Collimator als das Fernrohr mit Prisma um den Tisch beweglich seyen.

Kopenhagen im Mai 1871.

IX. *Ueber anomale Dispersion; von August Kundt.*

(Zweite Mittheilung. Die erste in diesen Ann. Bd. 142 S. 163.)

In der Mittheilung »*Ueber die anomale Dispersion der Körper mit Oberflächenfarben*« habe ich gezeigt, daß eine gewisse Classe von Körpern die Eigenschaft hat, Licht, welchem in der Luft eine kürzere Wellenlänge zugehört, weniger zu brechen, als solches von größerer Wellenlänge. Ich habe die Ansicht aufgestellt, daß diese anomale Dispersion höchst wahrscheinlich allen den Körpern zukommt, die eine sogenannte Oberflächenfarbe besitzen, d. h. Strahlen gewisser Farben stärker reflectiren als andere. In einem Nachtrag zu jener Mittheilung in Poggendorff's Annalen¹⁾ habe ich dann noch darauf aufmerksam gemacht, daß wahrscheinlich alle Körper, bei denen ich anomale Dispersion aufgefunden hatte, »*dichroitisch*« seyen.

Das Folgende enthält die Darlegung einiger weiteren Thatsachen, auf die ich bei der Fortsetzung meiner Versuche geführt wurde. Bevor ich jedoch zur Erläuterung derselben gehe, mögen hier einige Bemerkungen über die Mittel und Methoden zur Beobachtung der anomalen Dispersion Platz finden. Gegen meine früheren Versuche ist nämlich von Hrn. Prof. v. Lang²⁾ Widerspruch erhoben, indem derselbe behaupten zu dürfen glaubt, daß die anomale Dispersion nicht von einer stärkeren Brechung der rothen Strahlen gegenüber den blauen herrührt, sondern

1) S. 149 dieses Bandes.

2) Anzeiger der Wiener Akademie. Sitzung vom 27. April. — Siehe auch den folgenden Aufsatz. P.

von der bekannten mangelhaften Achromasie des menschlichen Auges. Man sehe nämlich mit Hülfe spitzer Prismen die anomale Dispersion nur, wenn das Auge gegen die brechende Kante zu excentrisch gestellt sey. Der Einwand des Hrn. v. Lang ist bereits in meiner ersten Mittheilung erledigt, indem dort angegeben ist, daß die anomale Dispersion auch beobachtet werde, wenn man das anomal dispergirende Prisma an die Stelle des Prismas eines Spectralapparates bringt, also mit Fernrohr beobachtet.

Ich habe in letzter Zeit ausschließlich mit Fernrohr beobachtet, und Sonnenlicht angewandt, und habe auf diese Weise die Erscheinungen viel eingehender untersuchen können. Die Hohlprismen waren bei diesen Versuchen zwei Prismen von 25° , die eine ziemlich scharfe Schneide hatten und aus einzelnen Glasplatten zusammengekittet waren.

Eins dieser Prismen wurde an die Stelle des Prismas eines Spectralapparates gebracht, und zwar habe ich drei Spectralapparate gebraucht, einen kleineren nach Bunsen und Kirchhoff, einen großen Kirchhoff'schen Spectralapparat für vier Prismen eingerichtet, und ein großes Spectrometer von Brunner in Paris. Die Fernröhre des letzten Apparates hatten etwas weniger Vergrößerung als die des großen Spectralapparates für vier Prismen, und waren sehr lichtstark. Sie eigneten sich für meine Hohlprismen am Besten. Das Fernrohr des kleinen Spectralapparates vergrößerte für sichere Untersuchung etwas zu wenig.

Mit den angegebenen Beobachtungsmitteln ergab sich:

1) Alle die früher genannten Substanzen zeigten anomale Dispersion, und zwar auch diejenigen, die ich früher nur in breiartigen Massen anwenden konnte, in klaren, gut filtrirten Lösungen.

Als anomale Dispersion ist aber nicht nur der Fall zu betrachten, wo die Anomalie so weit geht, daß das blaue Licht weniger gebrochen wird als das rothe, sondern wenn nur überhaupt ein Strahl von kürzerer Wellenlänge stärker gebrochen wird als ein solcher von längerer.

Die Anomalie der Dispersion in den Lösungen nahm continuirlich mit der Concentration der Lösungen zu. Bei nicht zu concentrirten Lösungen konnte das Sonnenlicht nicht blofs nahe der Schneide des Prismas durch die Lösung geschickt werden, sondern ganz entfernt von derselben, so dafs jede unregelmäßige Brechung, Reflexion und Beugung, überhaupt jede Unregelmäßigkeit, die von der Schneide vielleicht auch bezüglich der Concentration der Flüssigkeit an derselben herrühren konnte, ausgeschlossen war. Die Schneide selbst konnte durch eine mehrere Millimeter überragende Blendung verdeckt werden.

2) Bei stark concentrirten Lösungen zeigten sich die Spectren an den Enden, wenn das Licht möglichst nahe der Schneide hindurch geschickt wurde, nicht so scharf abschneidend, wie bei gewöhnlicher Dispersion, sondern dieselben verloren sich auf beiden Seiten in einen mehr oder weniger langen Streifen, der immer lichtschwächer werdend noch weithin erkenntlich war. Besonders auf der weniger abgelenkten Seite liefs sich dieser Streifen, bei Cyan, Anilinblau usw., wo derselbe intensiv grün war, weit verfolgen. Das anomale Spectrum zeigt also eine sehr grofse Ausdehnung.

3) In den lichtstarken Spectren (wenn das Licht nahe der Schneide des Prismas durchgegangen) fallen immer zwei oder mehre Farben an dieselbe Stelle; man kann daher ohne Weiteres nur selten, und dann nur die allerstärksten Fraunhofer'schen Linien in den Spectren erkennen. Es gelingt aber sogleich, dieselben deutlich hervortreten zu lassen, wenn man das Spectrum durch absorbirende Medien, z. B. farbige Gläser, die nur bestimmte Strahlenpartien hindurch lassen, betrachtet. Man kann auf diese Weise auch leicht ermitteln, wo hauptsächlich verschiedene Farben und welche an den einzelnen Stellen des anomalen Spectrums übereinander fallen.

4) Durch die farbig absorbirenden Medien erkennt man ferner, dafs einzelne Farben in dem anomalen Spectrum ausserordentlich verlängert sind, so roth in Fuchsin und

Cyanin, grün in letzterer Substanz usw. In den durch Dispersion sehr auseinander gerissenen Theilen sind die Fraunhofer'schen Linien gewöhnlich nicht mehr zu erkennen.

5) Statt die Farben durch absorbirende Medien zu trennen, wäre es natürlich besser, einfarbiges Licht anzuwenden und dessen Brechung zu untersuchen. Die Linien, welche gefärbte Flammen oder Geisler'sche Röhren liefern, erwiesen sich mir indeß bisher als zu schwach für die Beobachtung. Ich liefs daher auf den Spalt die verschiedenen Farben eines reinen Spectrums fallen und beobachtete dann die Ablenkung durch die anomal brechenden Lösungen. Die Methode wurde nicht weiter benutzt, als um einige Male zu constatiren, dafs in Uebereinstimmung mit allen anderen Versuchen, Licht von kürzerer Wellenlänge weniger gebrochen wird, als solches von längerer.

6) Schliesslich will ich bemerken, dafs es auch sehr wohl gelang, objectiv in der Ausdehnung von mehreren Zollen die anomalen Spectren auf einen weissen Schirm zu projectiren ¹⁾.

Nachdem ich mich so auf die mannigfachste Weise von Neuem überzeugt hatte, dafs keine Fehlerquelle irgend welcher Art das Resultat meiner Versuche beeinflusse, konnte es unternommen werden, die Hauptgesetze der anomalen Dispersion experimentell festzustellen. Zunächst war zu beweisen, dafs wirklich, wie ich früher vermuthet hatte, der Brechungsexponent für die Strahlen, die stark an der Oberfläche reflectirt werden, entweder sehr grofs oder sehr klein ist. Bezüglich dieser Frage kann man folgende Betrachtungen anstellen: Wenn irgend ein Körper, z. B. der Krystall eines Anilinfarbstoffes, eine Gattung von Strahlen, etwa die grünen, stark reflectirt, so werden in dem Spectrum des

1) Nachdem das Vorstehende bereits geschrieben war, ersah ich aus dem Naturforscher No. 21, dafs auch vom Hrn. Soret in Genf die Versuche über anomale Dispersion mit einer Methode, die den Einfluss der Lösungsmittel zu beseitigen sucht, wiederholt und völlig bestätigt wurden.

durchgelassenen Lichtes diese Strahlen hauptsächlich fehlen; das durchgehende Licht wird also spectral untersucht, an Stelle der betreffenden Strahlen scheinbar eine Absorptionsbande zeigen, und wenn die Oberflächenfarbe aus verschiedenen Strahlenpartien besteht, so wird im durchgehenden Licht eine gleiche Anzahl von dunkleren Stellen, anscheinenden Absorptionsbanden, auftreten. Untersucht man aber das durch einen Körper mit Oberflächenfarbe hindurchgehende Licht prismatisch (oder das durch seine Lösung gehende, indem ich im Folgenden immer annehme, daß auch die Lösung des Körpers noch eine Oberflächenfarbe habe, wie eine solche die sehr concentrirten Lösungen der Anilinfarben deutlich zeigen, und daß ferner die Farbe der Lösungen die gleiche sey, wie diejenige, die man erhält, wenn es gelingt, den Körper, der in ausgebildeten Krystallen dichroitisch ist, schnell und anscheinend völlig unkrystallinisch antrocknen zu lassen), so findet man, daß die Verdunklung gewisser Stellen schnell zunimmt mit der Dicke der durchstrahlten Schicht. Man findet, *daß die Körper für die Strahlen, die sie stark reflectiren, die also schon dadurch in geringerer Intensität in den Körper gelangen, einen ziemlich beträchtlichen Absorptionscoëfficienten haben und zwar nur für diese Strahlen.* Man wird daher, auch wenn die durchstrahlten Schichten nur eine geringe Dicke haben, die abweichendsten Brechungsexponenten nur schwierig ermitteln können, da die Strahlen, denen diese Brechungsexponenten zugehören, zu stark absorbirt werden; wohl aber wird man an den Stellen, wo die Absorption beginnt, an den Rändern der Absorptionsbänder ein schnelles Zu- und Abnehmen des Brechungsexponenten erwarten können. Dabei bleibt indessen nicht ausgeschlossen, daß ganze Partien des Spectrums, die durch Absorptionsbänder getrennt sind, derartig anomale Brechungsexponenten haben, daß ganze Partien von kürzerer Wellenlänge weniger gebrochen sind, als solche von längerer.

Zur Entscheidung dieser Frage, habe ich ein sehr einfaches aber sehr sicheres Verfahren eingeschlagen, welches

in ähnlicher Weise schon Stokes für die Untersuchung des durch Fluorescenz erregten Lichtes benutzt hat.

Auf den Tisch des Spectralapparates bringe man, nachdem der Spalt horizontal gestellt worden ist, ein Prisma, (ich benutzte Prisma von 15° bis 35° brechenden Winkel), am geeignetsten ein geradsichtiges Prisma, dessen Kante man dem horizontalen Spalt parallel stellt, und richte das Beobachtungsfernrohr so, daß man ein helles Spectralbild mit scharfen Fraunhofer'schen Linien erhält. Würde man jetzt zwischen Prisma und Objectiv des beobachteten Fernrohrs noch ein zweites Prisma mit vertikaler Kante anbringen, so würde man nach Drehung des Beobachtungsfernrohrs ein schräges Spectrum sehen, bei dem Roth von der früheren Stelle am Wenigsten, Blau am Meisten abgelenkt ist. Das Spectrum ist entweder gradlinig schräg oder nach oben oder nach unten convex, je nach den Dispersionsverhältnissen der beiden angewandten Prismen. Am Besten ist es natürlich, wenn man statt des ersten Prismas ein Beugungsgitter anwendet, da dann die Form des schrägen Spectrums gleich genau die Art der Dispersion des zweiten Prismas zeigt. Ich habe mehrfach bei den Versuchen ein Beugungsgitter angewandt, bei den vorläufigen Versuchen aber gewöhnlich ein Prisma, um größere Helligkeit zu haben.

Bringt man nun aber an Stelle des Prismas mit verticaler Kante ein Hohlprisma mit einer anomal dispersirenden Substanz, so bietet das schräge Spectrum einen ganz anderen, eigenthümlichen Anblick, der aber mit den obigen Erläuterungen völlig im Einklang steht. Geht man von den Strahlen größerer Wellenlänge, die oben liegen mögen, aus, so nimmt bei allen den früher erwähnten Körpern mit anomaler Dispersion, die sämmtlich in irgend beträchtlichen Schichten die Mitte des Spectrums absorbiren, die Ablenkung der rothen Strahlen außerordentlich schnell zu, so daß bei concentrirten Lösungen das Roth oberhalb der Absorptionsbande in einen langen, fast horizontalen Streifen ausgezogen ist. Unterhalb der Absorptionsbande kommt,

wenn
Theil
lange
heran
male
unter
wahr
wenig
centr
das
Letzt
noch
des
der
Strah
Theil

I
pern
tiren
sorp
sich
Abso
hert
dem
dentl

U
reits
Abso
mang
fen,
Körp
besti
ande
zwei
haup
Abso
ben,

wenn die Absorption hauptsächlich nur die gelben und ein Theil der grünen Strahlen ergriffen hat, ein eben solcher langer grünlicher Streifen von Seite der geringen Ablenkung heran, bis im Blau die Ablenkung wieder ungefähr die normale Gröfse erreicht hat. Hieraus erklärt sich, was oben unter 2) angegeben wurde. Ausserdem ist aber bei den erwähnten Körpern in concentrirten Lösungen das ganze Blau weniger abgelenkt als das Roth. Nimmt man weniger concentrirte Lösungen, so hört die Anomalie insofern auf, als das Blau mehr abgelenkt erscheint als das Roth; bei diesem Letzteren sieht man aber nach dem Absorptionsstreifen hin noch eine starke Zunahme der Ablenkung und unterhalb des Absorptionsstreifens kommt das Grün schnell von Seite der geringen Ablenkung heran, so dafs ein Theil der rothen Strahlen doch immer noch stärker abgelenkt ist, als ein Theil der grünen.

Die Versuche beweisen also: *Bei einer Reihe von Körpern, die die mittleren Strahlen des Spectrums stark reflectiren und gleichzeitig für diese Strahlen ein starkes Absorptionsvermögen haben, nimmt die Brechung, wenn man sich von Seite der gröfseren Wellenlängen (in Luft) dem Absorptionsstreifen nähert, ausserordentlich schnell zu; nähert man sich von Seite der kürzeren Wellenlängen (in Luft) dem Absorptionsstreifen, so nimmt die Brechung ausserordentlich schnell ab.*

Unter den früher genannten Körpern befinden sich bereits zwei, von denen bekannt ist, dafs sie nicht nur einen Absorptionsstreifen zeigen, sondern mehrere; nämlich Uebermangansaures Kali zeigt bei Verdünnung im Grün 5 Streifen, und Carmin zeigt 2 Streifen; ich habe die anderen Körper noch nicht sämmtlich hinreichend untersucht, um bestimmt versichern zu können, dafs nicht der eine oder andere ebenfalls bei hinreichender Verdünnung statt eines, zwei Absorptionsstreifen erkennen lasse. Bevor ich überhaupt die Brechungsverhältnisse bei Körpern mit mehreren Absorptionsstreifen weiter berühre, will ich zunächst angeben, bei welchen Körpern ich neuerdings, und zwar mit

der so eben erläuterten Methode stärkere oder geringere anomale Dispersion habe auffinden können.

Anomalien in der Dispersion, die sich freilich oft nur auf die Strahlen ganz in der Nähe eines Absorptionsstreifens erstrecken, wurden constatirt bei Lösungen von:

Magdalaroth,

Corallin,

Alizarin in Kalilauge,

Orsellin,

Lackmus,

Jod in einer Mischung von Chloroform und Schwefelkohlenstoff,

Blauholz (*Haematoxylon Campechianum*, wässriger und ammoniakalischer Auszug),

Rothholz (ammoniakalischer Auszug),

Sandelholz (alkoholischer und ammoniakalischer Auszug),

Alcannawurzel (ammoniak. Auszug),

Fernambukholz (ammoniak. Auszug),

Blut (rother wässriger Auszug),

Hämatin,

Chlorophyll.

Einige der Lösungen mußten so concentrirt genommen werden, als sie irgend zu erhalten waren.

Bei denjenigen Medien, die mehrere scharfe und stärkere Absorptionsbanden zeigten, wurde — so weit die Versuche jetzt reichen — bei jedem Absorptionsstreif eine Brechungsanomalie aufgefunden, und zwar dieselbe, die oben erläutert ist, d. h. geht man vom rothen Ende aus, so nimmt der Brechungsexponent mit Annäherung an einen Absorptionsstreifen stark zu, und ist hinter demselben merklich kleiner. Ich habe bisher bei keinem der Körper finden können, daß der Brechungsexponent auf beiden Seiten sehr groß oder sehr klein würde, oder vor demselben klein und hinter demselben groß wäre. Weitere Untersuchungen werden hier erst entscheiden können. Bei den Körpern, die in der Mitte des Spectrums eine größere Anzahl von Ab-

sorptionsstreifen zeigen, z. B. Uebermangansaurem Kali und Jod, konnte ich bei den einzelnen hellen Partien Nichts deutlich mehr erkennen; man sah gewissermaßen treppenförmige, aber verwischte Knickungen des Spectrums. Mit noch vollkommeneren Hilfsmitteln wird auch hier voraussichtlich scharf zu beobachten seyn.

Von festen Körpern konnten bisher nur zwei untersucht werden, nämlich Magnesium-Platincyantür und Oxalsaures Chromoxyd Ammoniak: von beiden Körpern erhielt ich vom Hrn. Steeg in Homburg je zwei kleine Prismen, die aber leider, besonders bei ersterer Substanz, im Innern nicht völlig klar waren. Bei dem Chromsalz wurde bei beiden Strahlen eine schwache Andeutung von Anomalie in der Brechung beobachtet, beim Platinsalz zeigte der eine Strahl eine kräftige Absorptionsbande in der Mitte des Spectrums; in dem anderen Strahl war alles Blau und Grün bis in das Gelb absorbirt; demgemäfs zeigte sich in diesem Strahl eine sehr starke Zunahme der Brechung vom Roth zum Gelb; in dem ersterwähnten Strahl konnte nur mit Mühe eine Andeutung von Brechungsanomalie erkannt werden.

Die Lösung des Magnesium-Platincyantür ist bekanntlich fast weifs, und zeigt keine Absorption, sie zeigte auch keine anomale Brechung; die Lösung des Chromsalzes gab Spuren von Anomalien. Ich hoffe nach Erlangung besserer Krystalle verschiedener Substanzen die Frage der anomalen Brechung in den festen Körpern zur Entscheidung zu bringen; so viel scheint mir aus den Beobachtungen an dem einen Bild des Platinsalzes schon hervorzugehen, dafs der Dichroismus in fester Substanz nicht eine der unmittelbar nothwendigen Bedingungen für Brechungsanomalien in Lösung ist.

So sehr wenig umfassend und genügend, viel weniger erschöpfend meine Untersuchungen über Brechungsanomalien zur Zeit auch sind, so scheint es mir doch nicht ganz verfrüht, an das Bisherige noch einige weiter gehende Folgerungen zu reihen.

In meiner ersten Mittheilung bin ich von einem hypo-

thetischen Zusammenhang zwischen Oberflächenfarbe und Brechungsexponent ausgegangen; mit Oberflächenfarbe oder richtiger starkem Reflexionsvermögen geht erfahrungsmäßig starke Absorption parallel; man kann daher, wie zur Zeit die Versuche liegen, eine gemeinsame Abhängigkeit der drei Eigenschaften, starkes Reflexionsvermögen, Absorption und Anomalien in der Brechung annehmen. Mit ziemlicher Bestimmtheit läßt sich von den *sämmtlichen* früher genannten das Licht anomal brechenden Körpern annehmen, daß sie im festen Zustand bestimmte Strahlenpartien stark reflectiren, also Oberflächenfarbe zeigen. Nun giebt es aber noch eine ganze Anzahl von Medien, die wohl Absorptionerscheinungen zeigen, aber eine merkliche Oberflächenfarbe nicht erkennen lassen, die farbigen Gläser, die meisten farbigen Salze usw. Sollte bei diesen Körpern, deren Absorptionsenergie ja auch im Ganzen viel geringer ist, als die der oben genannten Farbstoffe, das verschiedene Reflexionsvermögen für verschiedene Strahlen wohl vorhanden, und nur zu gering seyn, als daß wir es bemerkten, und mithin auch bei ihnen in der Nähe der Absorptionsbanden Brechungsanomalien eintreten?

Ich habe begonnen, eine Anzahl gefärbter Körper, bei denen man eine Oberflächenfarbe nicht sieht ¹⁾, zu untersuchen. Die eine Klasse derselben, die das Spectrum vom blauen Ende her absorbiren, wie Eisenchloridlösung, Jod in Alcohol, Chromsäure, die sich ziemlich beträchtlich lösen, zeigen eine *ganz auffällige Zunahme* des Brechungsexponenten vom Roth zum Gelb.

Aus einer anderen Klasse, die in der Mitte des Spectrums Absorptionsbanden hat, konnte ich bei Kobaltsalzen und der grünen Modification des Chromalauns in sehr concentrirter Lösung geringe Knickungen im Spectrum erkennen. Die Versuche erfordern andere Hohlprismen, als die

1) Jeder normal dispergirende Körper zeigt in Wirklichkeit eine bläuliche Oberflächenfarbe, da in ihm der Brechungsexponent nach dem blauen hin zunimmt; dieselbe wird indessen von unserem Auge nicht von Weiß unterschieden.

jen
nich
sä
chu
zus
ein
mer
lich

X.

(A

N
koh
trun
Dis
mit
mer
nig
ich
rizo
ben

(Fu
den
Str
die
Mag
koh

1)

2)

jenigen, die ich bereits anwendete; es scheint mir indess nicht unwahrscheinlich, dafs es gelingen werde, einen tatsächlichen Zusammenhang zwischen Absorption und Brechung oder Aenderung in der Brechung ganz allgemein festzustellen, ein Zusammenhang, der freilich insofern immer ein sehr allgemeiner und loser bleiben dürfte, als sich numerische Beziehungen zwischen jenen Gröfsen wohl schwerlich auffinden lassen werden.

Würzburg, den 28. Mai 1871.

X. Ueber die anomale Dispersion spitzer Prismen; von Victor von Lang.

(Aus Bd. LXII d. Sitzb. der Wien. Akad. vom Hrn. Verf. mitgetheilt.)

Nachdem schon C. Christiansen ¹⁾ angab, dafs eine alkoholische Lösung von Fuchsin das rothe Ende des Spectrum stärker bricht als das blaue, wurde diese anomale Dispersion von A. Kundt ²⁾ auf Lösungen vieler Körper mit Oberflächenfarben ausgedehnt. Um mich von dieser merkwürdigen Thatsache zu überzeugen, habe ich zuerst einige Versuche auf die gewöhnliche Weise angestellt, indem ich ein gläsernes Hohlprisma von beiläufig 60° und ein horizontales Goniometer mit Fernrohr und Collimatorschraube benutzte. Ich habe aber hiebei nichts Anomales gefunden.

Eine alkoholische Lösung von essigsaurem Rosanilin (Fuchsin) gab mit directem Sonnenlichte ein Spectrum, indem allerdings bis auf einen rothen und einen blauen Streifen alles absorbiert war; diese zwei Streifen hatten aber die gewöhnliche Lage gegeneinander. Dasselbe konnte bei Magnesiumlicht beobachtet werden. Eine concentrirte alkoholische Lösung von Cyanin ($C_{30}H_{39}N_2J$) zeigte diesel-

1) Diese Ann. Bd. 141, S. 479.

2) Diese Ann. Bd. 142, S. 163.

ben Eigenschaften schon bei gewöhnlichem Tageslichte. Für diese Lösung wurden auch die Minimalablenkungen D für jene Streifen bestimmt, woraus sich, da der brechende Winkel $60^\circ 1'$ betrug, folgende Brechungsquotienten n berechnen

	D	n
roth	$26^\circ 1'$	1,3641
blau	$26^\circ 37'$	1,3717

welche sich nicht wesentlich von denen des reinen Alkohols unterscheiden.

Erst als ich die Cyaninlösung nach der von Christian- sen und Kundt angegebenen Methode in sehr spitzen Prismen untersuchte, konnte ich bei gewissen Stellungen des Auges allerdings sehen, daß der blaue Streifen weniger abgelenkt wurde als der rothe. Stellte ich das Auge so, daß das gebrochene Strahlenbündel die Mitte der Pupille traf, so sah ich immer das gewöhnliche Phänomen, nur wenn ich dann das Auge gegen die brechende Kante zu seitlich verschob, wurde die Dispersion anomal. Schon dieses Experiment würde zeigen, daß die Cyaninlösung keineswegs rothes Licht stärker bricht als blaues, und daß der Grund des von Kundt beobachteten Phänomens wo anders liegen muß. Dasselbe wird auch durch folgendes Experiment bewiesen. In das Prisma wurde ein Tropfen von reinem, ungefärbtem Alkohol gegeben, vor die Spalte aber eine dünne Schicht der Cyaninlösung gestellt, welche zwischen zwei Glasplatten eingeschlossen war. Auch hier zeigte sich bei excentrischer Lage des Auges die anomale Dispersion.

Ich glaube nun, daß der Grund dieser Erscheinung in der bekannten mangelhaften Achromasie des Auges liegt. Betrachtet man eine beleuchtete Spalte mit freiem Auge, das man parallel zur Spalte mit einem Kartenblatte mehr und mehr verdeckt, so sieht man am Orte der Spalte ein ganzes Spectrum, wobei das rothe Ende auf der Seite des Kartenblattes liegt. Noch auffallender wird die Erscheinung, wenn man nach Helmholtz die Spalte bloß mit rothem und blauem Lichte beleuchtet, also etwa die eben

beschriebene Schicht der Cyaninlösung zwischen die Lichtquelle und Spalte stellt. In diesem Falle löst sich die Spalte in einen rothen und blauen Streifen auf. Ich habe versucht, die Winkelfernung dieser beiden Streifen aus ihrer linearen Distanz zu bestimmen. Es gelingt dies nur sehr annäherungsweise und die erhaltenen Werthe variiren von 20 bis 14 Minuten. Bei starker Beleuchtung erhält man grössere Werthe, indem man dann die Pupille auch mehr verdecken kann, ohne dafs die beiden Streifen aufhören, sichtbar zu bleiben. Die gefundenen Werthe genügen aber, die anomale Dispersion zu erklären.

Berechnen wir nämlich mit den zuvor gegebenen Brechungsquotienten der Dispersion der Cyaninlösung für einen brechenden Winkel von 10° , so werden die Ablenkung der zwei Streifen

Roth	3°	$33',6$
Blau	3°	$38',0$
Dispersion		$4',4$.

Wird nun das Auge gegen die brechende Kante zu excentrisch gestellt, so ist das so, als ob von der Kante her das Auge mit einem Kartenblatt verdeckt worden wäre, und es erhalten nun die beiden Streifen eine Verschiebung von beiläufig $12'$ gegen einander, so zwar, dafs der rothe Streifen um diese Gröfse nach der brechenden Kante zu liegen kommt. Diese Dispersion ist also der früheren entgegengesetzt, so dafs die schiefssliche anomale Dispersion $12' - 4',3 = 7',6$ beträgt.

Für ein Prisma von 20° beträgt die normale Dispersion $9',4$; die anomale würde also noch immer gleich $12' - 9',4 = 2',6$ seyn.

Ähnliche Erscheinungen treten aber auch ein, wenn man das Spectrum mit einem Fernrohr betrachtet, denn dieselben sind selten so vollkommen achromatisch, dafs sie nicht farbige Ränder gäben, wenn man den grössten Theil des Objectivs verdeckt.

Sehr schön konnte ich die anomale Dispersion mit einem vertikalen Goniometer beobachten, das eigentlich zu

Krystallwinkelmessungen dient, aber auch mit einer Collimatorspalte und einem beweglichen Fernrohr versehen ist. In letzteres wurde zufällig vor einiger Zeit eine achromatische Objectivlinse gesetzt. Beobachtete man nun mit diesem Fernrohr das Spectrum und verschob das Prisma mit dem Schlittenapparate des Instrumentes senkrecht zur Richtung des Fernrohres nach seiner dickeren Seite, so konnte man sehr schön sehen, wie die normale Dispersion in die anormale überging, sobald die abgelenkten Strahlen nicht mehr die Mitte der Objectivlinse trafen.

**XI. Zur Erklärung der abnormen Farbenfolge
im Spectrum einiger Substanzen;
von Sellmeier in Neu-Britz bei Rixdorf
unweit Berlin.**

Von der von Christiansen und Kundt beobachteten aufsergewöhnlichen Reihenfolge der Farben im Spectrum einiger Körper hat wohl Niemand mit größerem Interesse Kenntniss genommen, als ich, der Verfasser dieser Zeilen. Es machte diese neu entdeckte Erscheinung auf mich nicht den Eindruck von Etwas Unerwartetem und Unerklärlichem; ich hatte sie vielmehr schon vor Jahren aus theoretischen Gründen vermuthet, ja sie war schon 1866, und zwar ebenfalls an einer Fuchsin-Lösung, von mir selbst gesucht worden, obgleich ohne Erfolg. Es möge mir daher erlaubt seyn, die Gründe auseinander zu setzen, welche mich eine so ungewöhnliche Erscheinung vorhersehen ließen.

Die Dispersion, deren befriedigende Erklärung seither eine noch ungelöste Aufgabe war, ist schon seit Langem dann und wann ein bevorzugter Gegenstand meines Nachdenkens gewesen. Ausgehend von der Ansicht, daß die

Verschiedenheit der Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichtes in den ponderabeln Mitteln eine directe Wirkung der durch die Aetherschwingungen in Mitschwingen versetzten Körpertheilchen sey, gelang es mir, eine Erklärung aufzufinden, welche allen Ansprüchen auf Klarheit und Folgerichtigkeit zu genügen schien. Eine besondere Eigenthümlichkeit dieser Erklärung war, daß sie eine Beziehung enthielt zwischen der Dispersion und der Absorption des Lichts, welche sich folgendermassen aussprechen läßt: Wenn ein Körper Theilchen enthält, welche das Licht von einer bestimmten Schwingungsdauer absorbiren, so verändern diese Theilchen bei dem Lichte von anderer Schwingungsdauer den Brechungsexponenten; sie vergrößern denselben, wenn die Schwingungsdauer größer, sie verkleinern ihn, wenn sie kleiner ist, als die des absorbirten Lichtes; und zwar nimmt diese Wirkung nicht nur zu, wenn sich die Schwingungsdauer des gebrochenen Lichtes der des absorbirten nähert, sondern es ist auch diese Zunahme selbst eine wachsende. Diese Beziehung erschien mir als von großer Wichtigkeit; denn sie war nicht nur im Stande, den die vollständige Achromatisirung der Linsen so erschwerenden unproportionalen Gang der Dispersion bei den verschiedenen Körpern zu erklären, sondern sie machte es auch möglich, meine Theorie an der Hand der Erfahrung zu prüfen.

Diese Prüfung geschah in folgender Weise.

Stellen in einem Coordinatensystem die Abscissen die reciproken Werthe der Quadrate der Schwingungsdauern, die Ordinaten die Brechungsexponenten vor, so liegen die Endpunkte der letzteren in einer Curve, welche ich die Dispersionscurve nennen will. Sind die Brechungsexponenten für die Fraunhofer'schen Linien *B*, *C*, ... *H* bekannt, so kennt man sieben Punkte dieser Curve; verbindet man dieselben durch gerade Linien, so sind dies Sehnen, deren Neigungen zur Abscissenaxe sich leicht bestimmen lassen, indem man, um die Tangenten dieser Neigungswinkel zu erhalten, nur die Differenzen der Ordinaten durch die der Abscissen zu dividiren braucht. Sind also τ_1 und τ_2 zwei

Schwingungsdauern des Lichtes, n_1 und n_2 , die denselben entsprechenden Brechungsexponenten des Körpers, und ist α die Neigung der die oberen Endpunkte von n_1 und n_2 verbindenden Sehne zur Abscissenaxe, so ist

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{n_2 - n_1}{\frac{1}{v_2^2} + \frac{1}{v_1^2}} = \frac{\Delta n}{\Delta \frac{1}{v^2}}.$$

Aus den Aenderungen, welche diese Neigungstangente, wie ich den Werth von $\frac{\Delta n}{\Delta \frac{1}{v^2}}$ nennen will, von einer Sehne

zur anderen erfährt, läßt sich nun, wie man leicht einsieht, auf die Beschaffenheit der Dispersionscurve schließen.

Wären in einem Körper diejenigen Theilchen, welche auf die Aetherwellen eine absorbirende Wirkung ausüben, gar nicht vorhanden, so würde, wie die erwähnte Theorie ergibt, die Neigungstangente vom Roth zum Violet kaum merklich steigen; die Dispersionscurve würde also kaum merklich von einer geraden Linie abweichen. In Folge der Wirkung der absorbirenden Theilchen auf die Brechung wird aber, wenn das oben ausgedrückte Gesetz richtig ist, diese Geradlinigkeit der Dispersionscurve gestört, und zwar wird die letztere in einer Weise gekrümmt, die sich leicht voraussehen läßt, wenn man weiß, welche Theile des Spectrums absorbirt werden.

Des bequemern Ausdrucks halber will ich in dem Folgenden den in Bezug auf die Tonscale herrschenden Sprachgebrauch auch auf das Licht anwenden, nämlich Das unten nennen, was sich auf die langsamere, und Das oben, was sich auf die schnellere Schwingungen bezieht.

Ich richtete nun meine Betrachtungen zuerst auf die durchsichtigen Körper, und unterschied bei denselben drei Hauptfälle, jenachdem bloß die unterrothen Strahlen, oder bloß die übervioletten, oder beide zugleich und in gleichem Grade der Absorption unterliegen.

Der Theorie zufolge sind dann durch die Wirkung der absorbirenden Körpertheilchen die Brechungsexponenten im

ersten Falle *verkleinert*, am meisten am untern Ende des sichtbaren Spectrums, im zweiten sind dieselben *vergrößert*, vorzugsweise am obern Ende, und im dritten sind sie im untern Theile des Spectrums verkleinert, im oberen vergrößert.

Wenn man beachtet, daß diese verkleinernde oder vergrößernde Wirkung nach dem betreffenden Ende des Spectrums hin in *wachsendem Grade* zunimmt, so sieht man, daß die Dispersionscurve im ersten Falle nach unten hin abwärts, im zweiten nach oben hin aufwärts, und im dritten an ihrem unteren Ende abwärts und zugleich am oberen aufwärts gekrümmt ist.

Hieraus läßt sich in Bezug auf die Aenderungen der Neigungstangente bei wachsender Abscisse, d. h. wenn man vom untern Ende des sichtbaren Spectrums nach dem oberen fortschreitet, Folgendes schließen: Im ersten Falle nimmt die Neigungstangente ab, und zwar zuerst am schnellsten, dann immer langsamer; im zweiten nimmt sie zu, und zwar in fortwährend wachsendem Maasse, und im dritten nimmt sie in der ersten Hälfte des Spectrums ab, in der zweiten wieder zu, so daß in diesem dritten Falle das Minimum der Neigungstangente in der Mitte des Spectrums liegt.

In Bezug auf die Ausdehnung der Farben im Spectrum kann man noch Folgendes bemerken: Im ersten Falle erscheinen die Farben im untern Theile des Spectrums auseinandergezogen, im obern zusammengedrängt, im zweiten findet das Umgekehrte Statt, und im dritten erscheinen sie an beiden Enden des Spectrums auseinandergedehnt und in der Mitte desselben zusammengedrängt, wie denn überhaupt die Farben da am meisten einander genähert sind, wo die Neigungstangente am kleinsten ist.

Da die meisten transparenten Körper keinen dieser drei Hauptfälle entsprechen werden, so muß man noch die Zwischenfälle in Betracht ziehen. Denkt man sich zuerst die unterrothen und die übervioletten Strahlen in gleichem Grade absorbirt, und läßt man dann die Absorption der erstern

allmählig abnehmen, so stellt dies den Uebergang vom dritten Hauptfalle zum zweiten dar, wobei das Minimum der Neigungstangente, wie man leicht einsieht, von der Mitte des Spectrums nach dem untern Ende und darüber hinaus sich allmählig verschieben muß; läßt man dagegen die Absorption der übervioletten Strahlen abnehmen, so muß bei diesem Uebergange vom dritten zum ersten Falle das Minimum der Neigungstangente von der Mitte des Spectrums nach dem obern Ende hin wandern.

Es müßten jetzt aus den Brechungsexponenten der Körper die Neigungstangenten berechnet werden, um zu sehen ob deren Aenderungsweise mit der aus der Theorie hergeleiteten übereinstimme. Indem ich die der Linie *F* entsprechende Wellenlänge zur Einheit nahm, bezeichneten die so erhaltenen Wellenlängen-Zahlen zugleich auch die Schwingungsdauern, wenn die der Linie *F* entsprechende Schwingungsdauer ebenfalls zur Einheit genommen wird. Indem ich nun aus den von Ångström, Bernard, Ditscheiner und Mascart gemessenen Wellenlängen das Mittel nahm, erhielt ich folgende Werthe von $\frac{1}{\tau^2}$ und $\Delta \frac{1}{\tau^2}$:

	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>	<i>E</i>	<i>F</i>	<i>G</i>	<i>H</i>
$\frac{1}{\tau^2} =$	0,5007	0,5488	0,6807	0,8510	1,0000	1,2731	1,5005
$\Delta \frac{1}{\tau^2} =$	0,0481	0,1319	0,1703	0,1490	0,2731	0,2274	

Ich will, um hier einige Beispiele mitzutheilen, drei Körper auswählen, welche als Repräsentanten der drei Hauptfälle dienen können, nämlich das Wasser, den Schwefelkohlenstoff und das Fraunhofer'sche Kronglas No. 9. Die Brechungsexponenten des ersten und dritten Körpers sind von Fraunhofer, die des zweiten von Verdet.

die
der

	1. Hauptfall. Wasser.		2. Hauptfall. Schwefelkohlenstoff.	
	Brechungs- exponent n	Neigungs- tangente $\frac{\Delta n}{\Delta \frac{1}{\tau^2}}$	n	$\frac{\Delta n}{\Delta \frac{1}{\tau^2}}$
<i>B</i>	1,330977	}	1,6114	}
<i>D</i>	31709		147	
<i>D</i>	33577		240	
<i>E</i>	35849		368	
<i>F</i>	37788		487	
<i>G</i>	41261		728	
<i>H</i>	44162		956	

3. Hauptfall. Kronglas No. 9.		
	n	$\frac{\Delta n}{\Delta \frac{1}{\tau^2}}$
<i>B</i>	1,525832	}
<i>C</i>	26849	
<i>C</i>	29587	
<i>E</i>	33055	
<i>F</i>	36052	
<i>G</i>	41657	
<i>H</i>	46566	

Man sieht, wie ausgezeichnet bei diesen drei Körpern die wirkliche Aenderungsweise der Neigungstangente mit der theoretisch vorhergesehenen übereinstimmt.

Alle transparenten Körper, bei denen ich eine solche Vergleichung ausführen konnte, d. h. von denen mir sowohl hinreichend genaue Brechungsexponenten vorlagen, als auch die absorbirenden Eigenschaften bekannt waren, sprachen für die Theorie, keiner dagegen. Die Zahl dieser Körper war aber nicht groß, und auch aus andern Gründen schien mir deren Beweiskraft nicht genügend zu seyn.

Indem ich mich jetzt einer zweiten Klasse von Körpern zuwandte, nämlich den undurchsichtigen, erinnerte ich mich, daß man bei den Metallen aus der Abnahme des Haupteinfallswinkels vom Roth zum Violett schon längst auf eine Abnahme des Brechungsexponenten in derselben Richtung geschlossen hat. Diese vollständige Umkehrung der sonstigen Regel findet nur im obigen Gesetz eine sehr leichte Erklärung; durchschreitet man nämlich das Spectrum vom Roth zum Violett, so wird bei jedem Schritt die Menge derjenigen absorbirenden Theilchen, welche den Brechungsexponenten vergrößern, vermindert, und die Zahl derer, welche ihn verkleinern, vermehrt. Ich hielt jedoch jenen Schluss von der Abnahme des Haupteinfallswinkels auf die des Brechungsexponenten nicht für sicher genug, und ich konnte daher in den Metallen wohl eine Stütze für meine Theorie sehen, aber keinen Beweis.

Eine, wie mir scheint, vollständig genügende Entscheidung konnte ich nur von einer dritten Klasse von Körpern erwarten, nämlich solchen, welche nur den mittleren Theil des Spectrums absorbiren, den unteren und oberen aber durchlassen. Bei diesen Körpern sind, wenn die Theorie richtig ist, durch die Wirkung der absorbirenden Theilchen die Brechungsexponenten im untern Theile des Spectrums vergrößert, im obern verkleinert, und Beides um so mehr, je mehr man sich den Grenzen des absorbirten Theiles nähert. Wenn daher die Absorption einen gewissen Stärkegrad besitzt, so muß das obere Ende des untern sichtbaren Theiles im Spectrum stärker gebrochen werden, als das untere Ende des obern. Ein aus einer solchen Substanz bestehendes Prisma wird also ein Spectrum erzeugen, in welchem unter

Verdrängung des Absorptionsstreifens die Farben des untern Theiles und die des obern mehr oder weniger übereinander hinweg verschoben sind. Ist die Absorption weniger intensiv, so wird Vorstehendes zwar nicht der Fall seyn; wenn man dann aber im Stande ist, in jedem der beiden unabsorbirten Theile des Spectrums die Brechungsexponenten von drei oder wenigstens zwei Fraunhofer'schen Linien genau genug zu messen, so hat man ein anderes Mittel, die Wirkung der absorbirenden Theilchen auf die Brechung darzuthun. Von den beiden Zweigen nämlich, in welche die Dispersionscurve durch die Absorption getheilt wird, ist durch die Wirkung der absorbirenden Theilchen der untere an seinem obern Ende aufwärts, der obere an seinem untern Ende abwärts gebogen; die Neigung zur Abscissenaxe ist also in beiden Zweigen vergrößert, am meisten an den Grenzen der absorbirten Stelle des Spectrums. Verbindet man aber einen obern Punkt des untern Zweiges mit einem untern Punkt des obern durch eine Sehne, so muß deren Neigung zu Abscissenaxe sehr merklich kleiner seyn, d. h. es muß hier der Werth von $\frac{\Delta n}{\Delta \frac{1}{x^2}}$ auffallend kleiner ausfallen, als vorher und nachher.

Eine Uebereinanderschließung der Farben am Spectrum eines Körpers dieser Klasse war noch nicht beobachtet worden; eben so wenig aber war es mir möglich, auf einen solchen die Methode der Neigungstangenten anzuwenden, weil es mir nicht gelang, unter den bereits gemessenen Brechungsexponenten für die Fraunhofer'schen Linien solche aufzufinden, welche sich auf einen dieser Körper beziehen.

Unter diesen Umständen beschloß ich selbst einen Versuch anzustellen, und wählte dazu das Fuchsin, weil ich diesen Körper sowohl wegen seiner energischen Lichtabsorption, als auch wegen der günstigen Lage der durch ihn absorbirten Stelle im Spectrum für den geeignetsten hielt. Ich verschaffte mir durch das Handlungshaus Luhme

in Berlin (April 1866) ein Hohlprisma, welches der Quere nach in zwei Hälften getheilt war. Die eine Hälfte füllte ich mit einer verdünnten Fuchsinlösung (*A*), die andere blofs mit dem Lösungsmittel (*B*), um Beider Spectren leicht mit einander vergleichen zu können. Der Versuch entsprach aber leider nicht meinen Erwartungen. Von den Fraunhofer'schen Linien waren kaum Spuren wahrzunehmen, mochte ich mit blofsem Auge oder mittelst eines Taschenfernrohrs beobachten; meine Hoffnung, die ungleiche Verschiebung dieser Linien im Spectrum *A* gegen die im Spectrum *B* wahrnehmen zu können, wurde also nicht erfüllt. Eine Verschiebung der Farben im Spectrum *A* gegen die in *B* war ebenfalls nicht sicher festzustellen. Endlich war der Absorptionsstreifen in *A*, von dem ich gehofft hatte, dafs er durch die Wirkung der absorbirenden Theilchen auf die Brechung verdrängt seyn möchte, nicht nur vorhanden, sondern er verbreiterte sich auch bei zunehmender Concentration. Ich schlofs daraus, dafs die Vergröfserung des Brechungsexponenten des Fuchsins im Roth und seine Verkleinerung im Blau nicht hinreichend sey, um das Wachsen desselben im Lösungsmittel vom Roth bis zum Blau aufzuheben. Auf den glücklichen Gedanken Soret's, die brechende Kraft des Lösungsmittels unwirksam zu machen, kam ich nicht; eine stärkere Concentration war wegen des grofsen brechenden Winkels von 60° nicht anwendbar, und ich gab, vielleicht etwas voreilig, den Versuch auf. In meiner Entmuthigung hielt ich es jetzt sogar für wahrscheinlich, dafs die Wirkung der absorbirenden Theilchen im Fuchsin zu klein sey, um bei ihm, selbst im ungelösten Zustande, eine Uebereinanderschiebung der Farben hervorbringen zu können, und fand diese Ansicht unterstützt durch die Kleinheit der Aenderung der Neigungstangente beim Wasser und Schwefelkohlenstoff trotz der grofsen absorbirenden Kraft dieser Körper für die unterrothen oder übervioletten Strahlen. Es blieb mir daher nur noch die Hoffnung, den Einflufs der absorbirenden Theilchen auf die Brechung auch bei dieser Klasse von Kör-

pern durch die Aenderungen der Neigungstangente darthun zu können, wozu mir aber bis jetzt noch die Brechungsexponenten fehlten, welche selbst zu messen ich nicht eingerichtet war.

So stand die Sache, als ich in den Nummern 19 und 20 des »Naturforscher« die Mittheilungen über die Beobachtungen von Christiansen und Kundt las, und man kann sich nun die Freude vorstellen, welche ich dabei empfand. Die vollständige Uebereinstimmung dieser Beobachtungen mit der Theorie liegt so sehr auf der Hand, daß sie kaum eines näheren Nachweises bedarf. Nach Christiansen sind die Brechungsexponenten der concentrirten Fuchsinlösung folgende:

<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>	<i>E</i>	<i>F</i>	<i>G</i>	<i>H</i>
1,450	1,502	1,561	1,312	1,285	1,312

Die Linien *B*, *C* und *D* liegen unterhalb der absorbirten Stelle im Spectrum; deren Brechungsexponenten sollen daher nach der Theorie durch die Wirkung der absorbirenden Theilchen vergrößert seyn, und zwar von *B* bis *D* in wachsendem Grade. Demzufolge muß der Brechungsexponent von *B* bis *D* ungewöhnlich stark zunehmen. In der That beträgt diese Zunahme mehr als acht mal so viel, als beim Schwefelkohlenstoff zwischen denselben Linien, und doch gehört der letztere zu den Körpern mit sehr starker Dispersion. Die Linien *F*, *G* und *H* liegen oberhalb der absorbirten Stelle; ihre Brechungsexponenten sollen daher durch die absorbirenden Theilchen verkleinert seyn. In der That sinkt von *D* bis *F* der Brechungsexponent fast um drei mal so viel, als er beim Schwefelkohlenstoff auf der ganzen Strecke von *B* bis *H* steigt! Daß er in der Fuchsinlösung oberhalb der Linie *F* nicht sofort wieder zunimmt, rührt einfach davon her, daß die Absorption nicht auf den Raum zwischen *D* und *F* beschränkt ist, sondern, wenn auch immer schwächer werdend, noch über *F*, ja über *G* hinaus sich erstreckt. — Die Brechungsexponenten des als Lösungsmittel gebrauchten Alkohols sind nach Baden-Powell folgende:

B	C	D	E	F	G	H
1,3628	1,3633	1,3634	1,3675	1,3696	1,3733	1,3761

Bestände also das Fuchsin blofs aus den absorbirenden Theilchen, so würde die Wirkung der letztern auf den Brechungsexponenten durch folgende Zahlen sich ausdrücken lassen:

B	C	D	E	F	G	G
+0,087;	+0,139;	+0,196;	-0,058;	-0,088;	-0,064.

Wegen der nicht absorbirenden Theilchen des Fuchsin müssen jedoch die positiven Zahlen dieser Reihe etwas verkleinert, die negativen etwas vergrößert werden.

Nach Kundt findet eine abnorme Reihenfolge der Farben im Dispersionsspectrum bei fast allen Körpern statt, welche im festen Zustande eine deutliche Oberflächenfarbe besitzen. Es erklärt sich dieses einfach dadurch, dafs diese Oberflächenfarbe, den Metallfarben namentlich auch darin ähnlich, dafs sie, wie beim Golde, der Farbe des durchgelassenen Lichtes angenähert complementär ist, stets eine sehr energische Lichtabsorption anzeigt.

Ich halte jetzt die von mir aufgefundene Erklärung der Dispersion, wenigstens was die Abhängigkeit der letztern von der Absorption anbetrifft, für hinlänglich gesichert, und hoffe nunmehr die Betrachtungen; welche mich zu dieser Entdeckung geführt haben, bald veröffentlichen zu können.

XII. Ueber eine neue vortheilhafte Erregungsweise der Influenz-Maschinen; von W. Musaeus,

Lehrer an der höheren Bürgerschule zu Charlottenburg.

Die gewöhnliche Weise, Influenz-Maschinen zu erregen, besteht darin, dafs man eine Platte aus Kammmasse, welche auf einem schlecht leitenden Körper liegt, mit Fuchsschwanz,

Pelz oder auch wohl mit der Hand nach einander auf beiden Seiten reibt und sie alsdann einem der Conductoren resp. einer Belegung der Maschine gegenüber hält. Diese Art der Erregung, so vortheilhaft sie auch zu seyn scheint, hat dennoch viele Nachtheile; denn nicht selten ist die Kammmasse hinsichtlich ihrer Erregbarkeit gegen Witterung mehr oder weniger empfindlich, als die Maschine selbst; nicht selten muß man die Kammmasse mehrere Male elektrisch machen, ehe man die Maschine damit erregen kann. Auch verändert die Kammmasse mit der Zeit ihre Oberfläche, so daß sie durch Reiben nicht mehr elektrisch wird. Man muß sie dann mit einem Messer abschaben und wohl auch mit Schwefelkohlenstoff abwaschen. Endlich wird durch längeren Gebrauch die Kammmasse so spröde, daß sie sehr leicht zerbricht.

Alle diese Uebelstände veranlaßten mich, darüber nachzudenken, ob sich nicht eine einfachere Art der Erregung finden liefse. Ich stellte zur Erreichung dieses Ziels nun folgende Versuche an:

1. Einem passiven ¹⁾ Conductor der vorderen Scheibe einer Influenz Maschine mit entgegengesetzt rotirenden Scheiben hielt ich einen meiner Finger so gegenüber, daß die hintere Scheibe sich an demselben rieb. Ich erhielt hierdurch keine Wirkung, bemerkte aber, daß eine elektrische Lichterscheinung sich an meinem Finger der Länge nach zeigte. Die passiven Conductoren standen hierbei in einem Winkel von 45 Grad.

2. Ich stellte nun die Conductoren in einen Winkel von fast 90 Grad und wiederholte den Versuch. Derselbe blieb auch hier ohne die beabsichtigte Wirkung; doch zeigten sich an den Spitzen der passiven Conductoren matte elektrische Lichterscheinungen. Hierdurch wurde ich veranlaßt, anzunehmen, daß die durch diesen Versuch an den

1) Unter passiven Conductoren verstehe ich diejenigen, welche zur Thätigkeit der Maschine unbedingt nothwendig sind, während die activen diejenigen sind, welche zur Aufnahme, resp. Nutzbarmachung, der erzeugten Elektrizität dienen.

Scheiben erregte Electricität wohl zu schwach sey, die Maschine in Thätigkeit zu bringen. Ich fertigte daher ein sogenanntes Reibkissen und zwar auf folgende Weise.

An einem etwa 4 Zoll langen und 1 Zoll breiten Kamm-massestück befestigte ich ein $2\frac{1}{2}$ Zoll langes und 1 Zoll breites Stück weiches mit Seide überzogenes Zeug, bestrich dasselbe mit gewöhnlichem Amalgam und wiederholte mit demselben die unter 1 und 2 angegebenen Versuche; doch blieben dieselben auch hier ohne Erfolg.

3. Nun entfernte ich die activen Conductoren der Maschine ganz und stellte die passiven Conductoren in einen rechten Winkel. Sobald ich nun auf die vorbeschriebene Weise statt meines Fingers das Reibkissen anlegte, war die Maschine mit Leichtigkeit erregt; auch liefs sich zu meiner Ueberraschung durch diese Abänderung die Maschine dadurch erregen, dafs ich statt des Reibkissens den Finger anwendete. Die Maschine blieb in voller Thätigkeit, als ich nun auch die activen Conductoren ansetzte. Ich brachte die Maschine ausser Thätigkeit, um zu versuchen, ob sich dieselbe mittelst des Reibkissens, auch wenn die activen Conductoren sich in Thätigkeit befänden, erregen lasse.

4. Die Conductoren wurden wiederum in einen Winkel von fast 90 Grad gestellt, das Reibkissen angelegt und die Scheiben in Rotation versetzt. Die Wirkung erschien fast augenblicklich. Hierbei bemerkte ich, dafs ein kleiner Funke vom Reibkissen nach meinem Finger, welcher sich in der Nähe des Kissens befand, übersprang, und erklärte mir das Mißglücken des ersten derartigen Versuchs dadurch, dafs ich das Reibkissen während der Erregung ableitend berührt hatte.

Jedenfalls bietet diese Art der Erregung weniger Nachtheile, als die gewöhnliche; ich habe sie seit langer Zeit in Anwendung gebracht und stets als praktisch gut befunden. Indessen läfst sich auch durch dies Erregungsmittel die Maschine nicht bei jedem Wetter in Thätigkeit setzen; doch habe ich gefunden, dafs, wenn man auf diese Weise nicht

im Stande war, die Maschine in Thätigkeit zu bringen, sie auch mit Kammmasse nicht erregt werden konnte.

Bemerken will ich nur noch, dafs, wenn man mit einem Reibkissen der vorbeschriebenen Art Influenzmaschinen mit feststehender Scheibe erregen will, dasselbe einer Spitze der Belegung oder auch der Belegung selbst gegenüber an die rotirende Scheibe sanft andrücken mufs. Die Erregung erfolgt jedenfalls leichter, wenn die Leidner Flaschen mit der Maschine nicht in Verbindung stehen und die von dem Reibkissen zu berührende Fläche der rotirenden Scheibe nicht gefirnifst ist.

**XIII. Ueber eine neue Verbesserung der Holtz'schen Influenz-Maschine mit entgegengesetzt rotirenden Scheiben, wodurch die doppelte Menge der Elektricität erzeugt werden kann;
von W. Musaeus.**

Als ich mich eingehender mit der Theorie der Influenz-Maschine mit entgegengesetzt rotirenden Scheiben beschäftigte, fiel es mir auf, dafs nur der vorderen Scheibe derselben active ¹⁾ Conductoren gegenüberstehen, während doch die hintere Scheibe bei dieser Maschine in ganz gleicher Weise zu wirken im Stande seyn mufs, als die vordere. Ich stellte daher der hinteren Scheibe zwei active Conductoren, welche in einem Kammmassestück befestigt waren, so gegenüber, dafs sie mit denen der vorderen Scheibe parallel liefen und versah dieselben mit Entladern. Sobald sich nun die Maschine in Thätigkeit befand, konnte ich sowohl von den vorderen, wie auch von den hinteren activen Con-

1) Active Conductoren will ich diejenigen nennen, welche der Maschine fehlen können, ohne deshalb ihren Gang zu stören, also dann dienen, die zu verbrauchende Elektricität zu liefern, während ich »passive Conductoren« diejenigen nenne, welche durchaus nöthig sind, die Maschine in Thätigkeit zu erhalten.

ductoren Funken erhalten. Waren aber die vorderen activen Conductoren geschlossen, so hörte die Thätigkeit der Maschine sofort auf, sobald ich auch die Conductoren der hinteren Scheibe miteinander verband. Ich befestigte nun die activen Conductoren für die hintere Scheibe an den activen Conductoren der vorderen, und verband sie leitend miteinander. Bei dieser Einrichtung steigerte sich die quantitative Leistungsfähigkeit der Maschine; doch durfte ich die Entladungsstangen nicht unmittelbar mit einander verbinden. Die möglichst größte Annäherung der Entlader ohne die Thätigkeit der Maschine zu vernichten, wurde erreicht, wenn die passiven Conductoren der Maschine möglichst große Winkel mit einander bildeten. Ich stellte nun die hinteren activen Conductoren zu den vorderen activen so, daß sie sich im Sinne der Rotation der vorderen rotirenden Scheibe hinter denselben befanden. Die Maschine blieb nun in voller Thätigkeit, gleichviel ob die Entlader mit einander verbunden, oder von einander getrennt waren, doch war die quantitative Leistungsfähigkeit der Maschine nicht größer, als sie bei der gewöhnlichen Einrichtung ist. Diese Abänderung entsprach also meinem Zweck nicht. Hierauf stellte ich die activen Conductoren der hinteren Scheibe zu denen der vorderen, so daß sie im Sinne der Rotation der vorderen Scheibe sich um eine $\frac{1}{16}$ Umdrehung vor den activen Conductoren der vorderen Scheibe befanden, und erhielt hierdurch nun genau die doppelte Funkenmenge von den zu diesem Versuch angestellten Leidner Flaschen. Doch durfte ich auch bei dieser Abänderung die activen Conductoren nicht unmittelbar mit einander verbinden. Um dies zu erreichen, befestigte ich an dem nach oben gerichteten passiven Conductor der vorderen Scheibe das im vorigen Artikel beschriebene Reibzeug und liefs dasselbe die hintere Scheibe an einer dem vorderen Conductor gegenüberliegenden Stelle sanft reiben. Hierdurch erregte sich die Maschine und blieb nun auch in Thätigkeit, wenn die Entlader sich unmittelbar miteinander berührten. Nur war es dann nöthig, daß die passiven Conductoren einen möglichst

gro
Bes
zwa
der
ter
Bes
Abä

glas
mes
dies
Mes
mas
plät
so a
an
sche
der
Kam
stim
einf
mit
ragt,
nig
Sche
geste
hohe
Dies
enthä
gewi
hört,
breit
Achs
stück
der v
mit d
Spitz

großen Winkel mit einander bildeten. Indem ich mir die Beschreibung anderer Abänderungen der Maschine, welche zwar nicht zur Vergrößerung der quantitativen Leistung derselben beitragen, wohl aber von wissenschaftlichem Interesse seyn dürften, vorbehalte, gebe ich nun eine genauere Beschreibung dieser Maschine mit der soeben beschriebenen Abänderung.

Zwei 10 zöllige, möglichst ebene Scheiben aus Fensterglas, welches einen Stich ins Grüne hat, sind auf zwei messingenen Hülsen, die übereinander passen, befestigt. Jede dieser Hülsen trägt nämlich an einem Ende eine $\frac{3}{4}$ zöllige Messingscheibe und eine ebensogroße Schraube aus Kammmasse, mittelst welcher die Glasscheibe gegen das Messingplättchen geschraubt werden kann. Beide Hülsen sind nun so aufeinander geschoben, daß die Messingscheibchen sich an demselben Ende der Hülsen befinden, also die Glasscheiben dicht nebeneinander stehen. Jede Hülse trägt an der entgegengesetzten Seite ein kleines Schnurrad aus Kammmasse, von welchen das für die größere Hülse bestimmte so eingerichtet ist, daß es sich auf derselben durch einfaches Aufschrauben festhält. Das andere dagegen greift mit einem Stift, welcher aus seiner Durchbohrung hervorragt, in einen Einschnitt der unteren Hülse, welche ein wenig länger, als die obere ist, ein. Beide Hülsen mit ihren Scheiben und Schnurrädern werden auf eine stählerne Achse gesteckt, welche mittelst einer Holzkugel auf einem 6 Zoll hohen Glasstab, der in einem Brett steht, befestigt ist. Diese Achse ist $\frac{1}{2}$ Zoll länger, als die untere Hülse, und enthält an ihrer vorderen Seite ein $\frac{1}{2}$ Zoll tiefes Schraubengewinde, zu welchem eine genau passende Schraube gehört, die so eingerichtet ist, daß sie ein 8 Zoll langes, 1 Zoll breites und $\frac{3}{8}$ Zoll starkes Kammmassestück fest gegen die Achse drücken kann. An den Enden dieses Kammmassestücks befinden sich zwei Conductoren, welche ihre Spitzen der vorderen Scheibe zukehren. In leitender Verbindung mit denselben stehen zwei andere Conductoren, welche ihre Spitzen gegen die hintere Scheibe kehren. Dieselben stehen

im Sinne der Rotation der vorderen Scheibe um $\frac{1}{10}$, besser $\frac{1}{10}$ Umdrehung vor den Conductoren dieser Scheibe.

Auf dem nach vorn hervorragenden Stücke der Welle sind zwei in einer geraden Linie stehende Conductoren, welche mit einander in leitender Verbindung stehen und an einem genau zur Welle passenden Ring befestigt sind, so aufgesteckt, daß sie sich nach rechts und links drehen lassen. Der hinteren Scheibe stehen ebenfalls zwei unter sich verbundene und auf der Welle drehbare Conductoren gegenüber.

Die beiden Schnurräder der Hülsen stehen mittelst einer längeren Schnur mit einem größeren Schnurrade in Verbindung. Die Schnur ist so über die Räder gelegt, daß, wenn das große Rad nach rechts gedreht wird, sich die vordere Scheibe nach rechts, die hintere aber nach links dreht. Um dieses zu erreichen, legt man ein Schnur ohne Ende, indem man den Daumen zwischen die beiden Enden derselben hält, so auf die beiden kleinen Schnurräder, daß auf jedem derselben ein Theil der Schnur liegt, bewegt alsdann den übergelegten Theil der Schnur um die kleinen Räder so lange herum, bis die Enden derselben gleich lang sind. Hält man nun mit der rechten Hand die obere, mit der linken aber die untere Hälfte der Schnur, und dreht die letztere $\frac{1}{2}$ mal nach links und alsdann die ganze Schnur nach rechts, und bringt sie auf das große Rad, so ist die obige Aufgabe erfüllt.

Ich habe versucht, das ganze Conductoren-System nach der oben angegebenen Idee zu verdoppeln, also die Maschine mit 16 Conductoren wirken zu lassen, ohne jedoch hiermit ein günstiges Resultat erreicht zu haben. Doch ist es vielleicht möglich, daß bei weiterer entsprechender Veränderung oder bei größeren Dimensionen der Maschine ein günstiges Resultat erzielt werden kann.

Nachtrag.

1. Spätere Versuche haben ergeben, daß es nicht immer nothwendig ist, das erwähnte Reibkissen beständig gegen die Scheibe drücken zu lassen, um die Maschine mit ge-

geschlossenen Entladern in Thätigkeit zu erhalten. Vielmehr ist die Mitwirkung desselben bei trockener Luft vollständig überflüssig, wenn nur für den Fall, daß sich die Entlader unmittelbar miteinander berühren sollen, die passiven Conductoren möglichst große Winkel miteinander bilden, sich also sehr nahe bei den activen befinden. Es dürfte daher zweckmäßig seyn, für gewöhnlich das Reibzeug von der Maschine zu entfernen und es nur bei ungünstigem Wetter, wo es gute Dienste leistet, mitwirken zu lassen.

2. Obgleich meine Maschine ursprünglich nicht für hohe Dichtigkeit eingerichtet war, da bei der Anfertigung derselben auf die Vermeidung von Kanten und Ecken wenig Rücksicht genommen wurde, so war dieselbe doch im Stande bei trockener Luft mit 2 Flaschen von 30 □" äußerer Belegung und 2^{mm} Glasstärke zwischen Kugeln von 1^{cm} Durchmesser 4 bis 4½ Zoll lange Funken zu erzeugen. Die passiven Conductoren wurden zur Erzeugung der längsten Funken so gestellt, daß sie Winkel von 40 bis 45 Grad miteinander bildeten.

Durch dieses Resultat glaube ich mich berechtigt, behaupten zu dürfen, daß die Wirksamkeit der Maschine mit Bezug auf ihren intensiven Effect durch die neue Einrichtung nicht beeinträchtigt wird. Ich hebe dieses besonders darum hervor, weil alle bisher bekannten Veränderungen der Influenz-Maschine, welche zur Vergrößerung der quantitativen Leistung derselben beitragen, eine sehr bedeutende Verminderung der Funkenlänge zur Folge haben. Als eine Ausnahme hiervon dürfte die vom Hrn. Prof. Poggendorff construirte Doppelmaschine zu betrachten seyn, welche, wie bekannt, aus zwei Influenzmaschinen mit fester Scheibe besteht, die auf eine sinnreiche Weise so mit einander verbunden sind, daß sie sich in ihrer Wirkung gegenseitig unterstützen.

3. Wird die Maschine in dem in der Zeichnung angedeuteten Sinne durch das Reibkissen erregt, so wird der demselben gegenüberstehende Conductor-Kamm positiv elektrisch, strahlt also Lichtbüschel gegen die Scheibe — die

vier im Sinne der Rotation der vorderen Scheibe folgenden negativ und die übrigen drei wieder positiv elektrisch. Das bei der gewöhnlichen Einrichtung zwischen den Scheiben entstehende starke Geräusch ist durch die neue Einrichtung kaum noch hörbar, die von den Conductoren zur Scheibe strahlenden Lichtbüschel erscheinen viel kürzer und die bedeutende Ausstrahlung an den Rändern der Scheiben ist fast völlig vermieden.

XIV. Ueber die Elasticität des Kautschuks; von Emilio Villari.

(Schluß von S. 100.)

Discussion der vorstehenden Resultate. — Zunächst geht aus denselben hervor, daß im Allgemeinen der Werth von ε langsam wächst, bis er ein absolutes Maximum erreicht hat und daß er darauf langsam abnimmt. So wächst der Werth von ε in Tab. II bis No. 4, in Tab. III bis No. 7, in IV, V und VI bis No. 4; hierauf nimmt er ab erst langsam, dann sehr rasch, bis er sehr klein geworden, und hierauf abermals sehr langsam.

Um die verschiedenen Werthe der Coëfficienten des Kautschuks besser studiren und leichter erkennen zu können, habe ich mittelst der vorstehenden Data die Curven auf Taf. II Fig. 7 nach folgender Methode construirt. Ich nehme die Belastungen zu Abscissen und die in vorstehenden Tabellen in Millimetern angegebenen Elasticitätscoëfficienten ε zu Ordinaten.

Aus einer allgemeinen Untersuchung der Curven geht sogleich die große Aehnlichkeit derselben hervor. Sie sind indess nicht überdeckbar, weil bei Construction einer jeden die Abscissenaxe in Verhältniß der Anzahl der Belastungen, welche bei allen nicht dieselbe war, verlängert, und auf

die Ordinatenaxe eine correspondirende Anzahl von ε aufgetragen worden ist, was den Curven eine verschiedene Gröfse giebt. So sind die Curven 5 und 7 doppelt so grofs wie die vorhergehenden construirt. In ihnen ist für jede Belastung und für jeden Werth von ε auf die Abscissen und die Ordinaten ein doppelt so grofses Werth wie in den übrigen Curven aufgetragen. Die Curve 3 ist in noch mehr vergrößertem Maafsstabe construirt, weil sie nach einer viel gröfseren Zahl von experimentellen Datis berechnet ist und für jedes derselben auf die Abscissen und Ordinaten immer Werthe aufgetragen sind, die denen bei Construction der anderen Curven gebrauchten gleich waren. Kurz man kann sagen, dafs diese Curven nicht überdeckbar sind, weil sie nach verschiedenem Maafsstabe construirt wurden.

Aus einer genaueren Betrachtung jeder dieser Curven geht hervor, dafs sie einen ersten Zweig haben, der durch den Anfangspunkt geht und gleichsam eine Gerade ist, die sich sehr rasch von der Axe der x entfernt, darauf sich biegt und rasch gegen dieselbe Axe krümmt bis zu einer gewissen Gränze, von wo ab sie einen anderen gleichsam geraden Zweig darstellen, welcher sich mit ungemeiner Langsamkeit von der Abscissenaxe entfernt. Dieser Fortgang der Curven beweist, dafs der Werth von ε anfangs sehr grofs und gleichsam constant ist, dann rasch abnimmt, und um in einen neuen Werth von ε überzugehen, der gleichsam constant, sehr klein (40 Mal kleiner als das erste) und sehr langsam abnehmend ist. Diefs kann so ausgedrückt werden:

Das Kautschuk hat, verschieden von allen anderen bekannten Körpern, drei Elasticitätscoëfficienten, einen ersten oder grofsen, gleichsam constanten und manchmal gleich 13 oder 14; einen dritten oder kleinen, ebenfalls gleichsam constant und manchmal vor dem Abreißen gleich 0,0034, und endlich einen mittleren oder veränderlichen, der rasch abnimmt und den ersten mit dem dritten Coëfficienten verknüpft.

Beachtenswerth ist besonders, wenn der eine dieser Coëfficienten aufhört, um dem anderen Platz zu machen.

Aus genauer Betrachtung der Figuren geht klar hervor, woher die Curve sich modificirt, wenn sie den Uebergang von einem dieser Coëfficienten zum anderen anzeigt. Es ist also leicht zu sehen, daß der erste oder *große Coëfficient* bei der Curve No. 1 bis zur 6ten Belastung dauert; bei der Curve No. 2 bis zur 9ten oder 10ten, bei der Curve No. 3 bis zur 20sten; bei der Curve No. 5 bis zur 5ten.

Von diesen Punkten an beginnt in den verschiedenen Curven der zweite oder *mittlere Coëfficient*, welcher dauert bei der Curve No. 1 bis zur 16ten Belastung, bei der Curve No. 2 bis zur 21sten; bei der Curve No. 3 bis zur 31sten oder 33sten.

Von diesen neuen Gränzen an vertauscht das Kautschuk den zweiten Coëfficienten mit dem dritten oder *kleinen*, der bis ans Ende vorhält.

Beobachtet man nun die Längen, welche die Fäden an den verschiedenen Punkten erlangt haben, wo die Coëfficienten sich verändern, so bemerkt man, daß der erste aufhört, wenn das Kautschuk von L eine Länge etwa gleich $2L$ erlangt hat und daß der dritte anfängt, wenn die Länge $4L$ geworden ist. Und in der That vereinigt man die Längen der verschiedenen Fäden bei den Belastungen, bei welchen sie ihre Coëfficienten wechseln, so erhält man folgende Uebersicht.

Curve No. 1. — Tabelle I.

Länge d. Fadens	Länge bei	Diff.
Erste = 106,16 ^{mm}		
Doppelte = 212,34	d. 6. Belastung	= 211,40 — 0,92
Vierfache = 424,64	d. 16. "	= 427,58 + 2,94.

Curve No. 2. — Tabelle II.

Länge des Fadens	Länge	Diff.
Erste = 117,84		
Doppelte = 235,68	v. d. 9. bis 10. Belast.	= 237,07 + 1,39
Vierfache = 471,36	bis 21. Belast.	= 468,50 — 2,86

Curve No. 3. — Tabelle III.

Länge d. Fadens	Länge	Diff.
Erste = 139,02		
Doppelte = 278,04	bei d. 21. Belast. = 271,20 — 6,84	
Vierfache = 556,08	v. d. 31. bis 32. Belast. = 548,73 — 7,35.	

Curve No. 5. — Tabelle IV.

Länge d. Fadens	Länge	Diff.
Erste = 193,66	bei der 5. Belast. = 396,70 + 9,38	
Doppelte = 372,32		

Dasselbe Netz (*quadro*) kann nicht mit derselben Approximation auf die Curven 6 und 7 ausgedehnt werden, weil in diesen die Verlängerungen viel kleiner sind als in den übrigen Curven und weil die dicken Kautschukfäden, zu welchen diese Curven gehören, sich beim Spannen stark ausfädeln, wodurch die erhaltenen Coëfficienten nicht so genau sind als die der dünneren Fäden; überdies verlängern sich die dickeren Fäden von 6 bis 8 Millimeter Durchmesser viel weniger als die dünnen und erlangen schwierig die vier- oder fünffache Länge, ohne die Gränze der elastischen Verlängerung zu überschreiten.

Die vorstehenden Resultate nöthigen also für die von mir untersuchten dünnen Fäden den allgemeinen Satz anzunehmen: 1) Dafs der *grofse Elasticitätscoëfficient* anhält bis das Kautschuk die doppelte seiner ursprünglichen Länge erreicht hat, 2) dafs der *mittlere* andauert bis es eine vierfache Länge angenommen hat; und 3) dafs von dieser Länge an der *kleine Coëfficient* beginnt.

Hier kommt in Betracht zu nehmen, dafs der Elasticitätscoëfficient (was den grofsen betrifft) in den dünnen Fäden gröfser ist als in den dicken. So erreicht er bei den dünnen Fäden der Tabellen I und II den ungewöhnlichen Werth von etwa 14 und bei den dicken Fäden von 8^{mm},632 Durchmesser der Tab. V und VI nicht den Werth 9. Da diese dicken Fäden nicht bis zum Zerreißen ausgezogen wurden, so kann man nicht sagen, ob der kleine Coëffi-

cient derselben grösser oder kleiner als der der dünnen Fäden sey.

Fügen wir schliesslich hinzu, dass derselbe Faden von 8^{mm},632 Dicke zu zwei Versuchen diente, erstlich als er noch nie ausgezogen worden, und zweitens als diefs im ersten Versuch geschehen war. Die Resultate sind in den Tabellen V und VI enthalten. Mit ihnen sind die Curven 6 und 7 berechnet, erstere für noch nicht gespannt gewesenes Kautschuk, letztere für schon gespannt gewesenes. Diese Curven sind einander ziemlich parallel, nur ist 7 etwas höher als 6, was beweist, dass das Kautschuk, welches schon zuvor gespannt gewesen ist, einen etwas größeren Elasticitätscoefficienten besitzt, als das noch nicht gespannt gewesene. Diefs Resultat reiht sich an die von mir gemachte Beobachtung, dass die dicken Fäden und besonders gewisse Röhren die Eigenschaft haben, sich bei derselben Belastung sehr stark zu verlängern, wenn man ab und zu das spannende Gewicht auf einige Momente abnimmt und darauf wieder anhängt.

Solche Erscheinungen sind dem Kautschuk eigenthümlich und zeigen sich bei keinem anderen bisher unter diesem Gesichtspunkt studirten Körper. Metalle, Hölzer, Steine sind wegen des grossen Interesses für die Praxis und die Baukunst umständlich auf ihre Elasticität beim Ausziehen und Zusammendrücken untersucht. Die vollständigsten Versuche in dieser Beziehung sind von Eaton Hodgkinson in England gemacht, besonders an Schmied- und Guss Eisen, und zwar an sehr grossen Stangen desselben. Aus seinen genauen und zahlreichen Versuchen geht hervor, dass das Eisen zu Anfang und Ende einer Belastung von 14 bis 15 Kilogr. auf das Quadratmillimeter sich proportional der Belastung verlängert, dass von dieser Gränze an die Verlängerungen viel rascher wachsen und dass dieselben von 22¹/₂ pro Quadratmillim. an wiederum den Belastungen proportional sind, aber in einem viel grösseren Verhältniss als dem bei kleinen Belastungen.

Diese Gesetze, welche auch in Frankreich von Barnet

aufgefunden wurden, sind genau die umgekehrten von denen, welche ich beim Kautschuk auffand. Bei diesen Versuchen mit Eisen zeigte sich indeß, nachdem die Verlängerungen aufgehört hatten, den Gewichten proportional zu seyn, eine sehr große bleibende Verlängerung, welche von da bis zur Belastung von $14^k,99$ pro Quadratmillimeter viel schneller wuchs als die elastischen Verlängerungen, was auf eine Complication des Phänomens hinweist, daß nämlich das Eisen sich permanent auszieht und nicht mehr der eigentlichen Elasticität gemäß verhält. Das Gußeisen in der That, welches auch bei starken Belastungen nur sehr kleine permanente Verlängerungen erleidet, zeigt dabei Verlängerungen, die wirklich rascher wachsen als die Belastungen, allein in einem viel langsameren Verhältniß als beim Eisen. Beim Kautschuk dagegen beobachten wir nur das Elasticitätsphänomen, da es selbst nach starkem Ausziehen bis auf einige Millimeter zu seiner ursprünglichen Länge zurückkehrt.

II. Volumveränderung.

Unter Einfluß des Zuges findet eine Verlängerung und zugleich eine Verdünnung der Fäden statt, wie alle vorhergehenden Versuche und Tabellen einleuchtend beweisen. Andererseits werden durch den Effect des Ziehens die Theilchen des Fadens weiter von einander entfernt, woraus für den gedehnten Körper eine Vergrößerung des Volums und eine Verringerung der Dichte entspringt. Es bleibt jedoch ungewiß, in welchem Verhältniß der Faden, bei Veränderung seiner Länge, sein Volum und demgemäß seinen Querschnitt und seinen Durchmesser ändert.

Nennen wir L die Länge des Körpers und δ die Verlängerung seiner Längen-Einheit durch die Einheit des Gewichts, so nimmt der Faden durch den Zug die Länge an:

$$L(1 + \delta).$$

Und nennen wir ebenso S den Querschnitt des Fadens und β die Verringerung der Einheit seines Querschnitts durch die Einheit des Gewichts, so wird S zu

$$S(1 - \beta).$$

Das Volum, welches anfangs LS war, wird also nach dem Ziehen

$$LS(1 + \delta)(1 - \beta)$$

oder bei Vernachlässigung des Gliedes $LS\delta\beta$:

$$LS(1 + \delta - \beta).$$

Alle Versuche beweisen indeß, daß das Volum größer ist nach dem Zuge als vor demselben, woraus nothwendig folgt: $\delta > \beta$. Um das Verhältniß zwischen diesen beiden Größen zu bestimmen, muß die Frage sowohl theoretisch als experimentell bestimmt werden.

Aus einer mathematischen Analyse der Aufgabe folgerte Poisson¹⁾, daß

$$2\beta = \delta, \text{ also } \beta = \frac{1}{2}\delta.$$

Cagnard-Latour nahm die Aufgabe von experimenteller Seite vor und studirte die Phänomene des Kautschuks nach einer wenig genauen und wenig empfindlichen Methode. Dessenungeachtet schloß Poisson aus seinen Resultaten, daß wirklich $\beta = \frac{1}{2}\delta$ ²⁾.

Wertheim dagegen³⁾ wiederholte die Versuche am Kautschuk, indem er die Querschnitte eines quadratischen Prismas von dieser Substanz und die Längen desselben bei verschiedenen Belastungen direct mit einem Comparator maß. Entgegen den Deductionen Poisson's und den Versuchen Cagnard-Latour's behauptet er, daß die Querschnitte rascher abnehmen, als man haben würde $\delta - \beta = \frac{1}{3}\delta$ oder $\beta = \frac{2}{3}\delta$, wonach, wenn λ die Veränderung des Durchmessers für die Längen-Einheit ist, seyn würde

$$\lambda = \frac{1}{3}\delta$$

und nicht

$$\lambda = \frac{1}{4}\delta$$

wie die Theorie von Poisson ergäbe.

1) Poisson, *Mém. sur le mouvement des corps élastiques* (*Mém. de l'Acad. de Paris*, T. VIII p. 451), Vergl. Wüllner's Physik, Bd. I S. 151 ff.

2) Poisson, *Ann. de chim. et de phys.* T. XXXVI, p. 384. (Auch diese Ann. Bd. XII S. 516).

3) Wertheim, a. a. O.

Endlich ist Kirchhoff ¹⁾ mit einer sehr sinnreichen Methode zu dem Gegenstand zurückgekehrt und hat, durch Experimentiren mit drei sehr harten Stahlstäben, gefunden, dafs das Verhältnifs der Contraction des Querschnitts zur Vergrößerung der Länge zwischen den von Poisson und Wertheim gegebenen Werthen liegt. Andererseits fand er beim Experimentiren mit einem Messingstab auch eine raschere Verringerung des Durchmessers als Wertheim annimmt. Aus dem Grunde kann man daher behaupten, dafs zwischen der Abnahme des Querschnitts und der Zunahme der Länge eines dem Zuge unterworfenen Stabes kein festes Verhältnifs vorhanden ist, sondern dafs dies Verhältnifs hauptsächlich von dem Molecularzustand der untersuchten Substanz abhängt.

Inzwischen habe ich gesucht, die Modificationen, welche das Volum des Kautschuks durch verschiedene Spannungen erleidet, nach einer anderen Methode als die von Cagniard-Latour und Wertheim befolgte zu studiren, um zu sehen, mit welchem der beiden, von Poisson und Wertheim, gegebenen Ausdrücken meine Versuche am besten übereinstimmen würden. Ich habe daher das Volum und die Dichtigkeit des Kautschuks unter verschiedenen Zuggrößen mit der hydrostatischen Waage bestimmt, dann die Länge gemessen und dadurch den Durchmesser bei verschiedenen Spannungen ermittelt. Auf solche Weise gelang es mir leicht, das Verhältnifs zwischen der Verlängerung des Fadens und der Zusammenziehung seines Querschnitts zu bestimmen.

Zu diesen Versuchen habe ich einen Faden vulkanisirten Kautschuks von 3^m,301 Länge und 6^{mm},018 Durchmesser angewandt. Dieser Faden wurde bei den Versuchen verschiedenartig ausgezogen mittelst Gewichte an einem seiner Enden, welches über eine Rolle ging; das andere Ende wurde in der Hand gehalten, um so den Faden in einer vollkom-

1) Kirchhoff. Ueber das Verhältnifs der Quercontraction zur Längendilatation bei Stäben von federhartem Stahl. (Pogg. Ann. Bd. CVIII, S. 396).

men horizontalen Richtung auszuspannen. Um genau die Länge des Kautschuks zu messen, hatte ich auf demselben zwei Punkte mit Dinte gemacht, die genau um drei Viertel der gesammten Länge des Fadens von einander standen. Dieser Abstand bei verschiedenen Versuchen, multiplicirt mit $\frac{4}{3}$ gab die Gesammtlänge des Fadens. Um indeß diese $\frac{3}{4}$ der Gesammtlänge zu messen, projecirte ich, den Faden vollkommen horizontal und gespannt haltend, diese Länge auf den Boden mittelst zweier leichten Bleifäden und maß die Projection mit einem gewöhnlichen Bandmaafs, welches dann jedesmal mit einem genau construirten Meter von Gambey verglichen wurde.

Nachdem so die Länge des Fadens bestimmt worden, wurde er mit einer bestimmten Spannung auf eine Eisenplatte gewickelt, deren Ränder rechtwinklich umgebogen waren, um der bedeutenden Spannung des aufgewickelten Kautschukfadens hinreichenden Widerstand zu leisten. Die Ränder, auf welche der Faden gewickelt ward, waren mit zwei 6 bis 7^{mm} dicken Kupferstäbchen versehen. Diese umwickelte Platte konnte, ohne sich zu verziehen, der Spannung des Kautschuks widerstehen, die einige Male mehrern Hunderten von Kilogrammen gleich war.

Das so vorbereitete und bei verschiedenen Versuchen verschiedentlich gespannte Kautschuk wurde in Wasser getaucht und darauf mittelst der hydrostatischen Waage leicht und mit der größten Genauigkeit (bis auf Milligramme) auf sein Volum und sein specifisches Gewicht bei verschiedener Spannung untersucht. Um diese Bestimmungen genau zu machen, ist es unerläßlich, alle am eingetauchten Kautschuk haftenden Luftblasen zu entfernen. Damit dieß vollständig geschehe, wurden die Kautschukfäden mehrmals mit einem groben Pinsel abgefegt und darauf wiederholt in starke Vibration gesetzt; auch wurde nicht eher zur Wägung geschritten, als bis man keine Blasen mehr am Kautschuk haften sah. Mit diesen und anderen bei solchen Untersuchungen nöthigen Vorsichtsmaafsregeln wurden die Wägungen ausgeführt, welche in den beiden folgenden Tafeln enthalten sind.

Tabelle VII.

Spannendes Gewicht	Relatives spec. Gewicht
Sein Gewicht	1,0443
2 Kilogramm.	1,0233
3 "	1,0166
4 "	1,0018
5 "	1,0000

Tabelle VIII.

I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
Spannendes Gewicht	Länge des Kautschuks	Gewicht des verdängten Wassers	Specifisches Gewicht	Relatives Volum	Berechneter Durchmesser	Abnahme der Einheit des Durchmessers	Gefundene Zunahme der Längeneinheit	Berechnete Zunahme, setzend $3\lambda = \delta$	Unterschied	Berechnete Zunahme, setzend $4\gamma = \delta$	Unterschied
K	mm	grm			mm						
0,00	3301,0	99,558	1,28120	1,00000	6,1968	0,2287	0,6872	0,6861	-0,0011	0,9148	+0,2276
2,00	5569,3	99,913	1,27665	1,00356	4,7792	0,4792	1,9648	1,2414	-0,7234	1,6552	-0,3096
5,00	9786,7	101,439	1,25744	1,01890	3,6328	0,4138	1,9648	1,4742	-1,5274	1,9656	-1,0360 ¹⁾
7,00	13209,3	103,050	1,23779	1,03510	3,1516	0,4914	3,0016				

1) Die zur letzten Versuchsreihe gehörigen Daten bieten vielleicht nicht alle wünschenswerthe Bürgschaft dar, weil das Kautschuk unter der ziehenden Belastung von 7 Kilogramm, an einem seiner Enden zerriss und es deshalb schwer gelang, den übrigen Theil (etwa zwei Meter) absolut mit derselben Zugkraft zu spannen wie die ersten 10 oder 11 Meter.

In der ersten dieser beiden Tabellen sind die Resultate eines Probeversuchs enthalten und nicht die absoluten, sondern nur die relativen Werthe angegeben. In der zweiten dagegen finden sich die Resultate der mit aller Genauigkeit gemachten Versuche und demgemäß sowohl die absoluten, als relativen Werthe, die aus demselben hervorgehen.

Das specifische Gewicht des Kautschuks wurde mittelst der hydrostatischen Waage bestimmt, indem man es erst in Luft wägte, daraus sein Gewicht in Vacuo berechnete, und nun in filtrirtem Regenwasser bei 10°,5 C. wägte. Die Dichte dieses Wassers, verglichen mit der zur Einheit angenommenen des destillirten Wassers bei 4°,1 war 0,9999, wodurch sie bis auf einen absolut zu vernachlässigenden Fehler auf dieselbe Dichtigkeitseinheit gehalten wurde. Zu bemerken ist, dafs man, wenn man mit Wasser von derselben Dichtigkeit wie das destillirte Wasser von 4°,1 experimentirt, den grofsen Vortheil hat, keine Temperatur-Reduction machen zu müssen sowohl für das Wasser, wie für das Kautschuk, was sehr wichtig ist, weil man nicht weifs, wie das Volum des Kautschuks sich mit der Temperatur ändert, wenn es verschiedentlich ausgezogen ist ¹⁾. Somit wurden alle Data leicht gefunden, welche in den verschiedenen Kolumnen der zweiten der vorstehenden Tabellen angegeben sind.

Aus diesen geht also hervor, dafs das specifische Gewicht des Kautschuks fortwährend mit dem Zuge abnimmt, folglich das Volum desselben entsprechend zunimmt ²⁾.

Kolumne V enthält die relativen Volume, dabei das Minimum, welches dem Minimum des Zuges entspricht, zur Einheit genommen. Kolumne VI enthält die mittelst der Volume und der Längen berechneten Durchmesser. Kolumne VII giebt die Verringerungen der Durchmesser, dividirt durch den anfänglich Durchmesser $\frac{d - d_1}{d}$, oder die Abnahme der Durchmesser-Einheit, die in vorstehenden Formeln mit γ bezeichnet ist. Kolumne VIII giebt die Zunahme der Längen, dividirt durch die anfängliche Länge,

1) und 2) Siehe den Anhang am Schlusse dieser Abhandlung.

$\frac{l_1 - l}{l}$ oder die Zunahme der Längen-Einheit, die in denselben Formeln mit δ bezeichnet sind. Kolumne IX enthält dieselben Zunahmen berechnet nach Wertheim's Formeln, die $\gamma = \frac{1}{3}\delta$ annehmen und Kol. X die Unterschiede zwischen den gefundenen und berechneten Werthen von δ . In Kolumne XI finden sich die Werthe von δ , berechnet nach der Poisson'schen Formel, welche annimmt $\gamma = \frac{1}{4}\delta$ und endlich enthält XII die Unterschiede zwischen den berechneten und den gefundenen Werthen der Kol. VIII.

Aus der Kolumne X der zweiten obigen Tabelle geht deutlich hervor, daß der Unterschied zwischen den beobachteten und den nach der Theorie von Wertheim berechneten Werthen von δ sehr klein ist, nur $-0,0011$, wodurch derselbe vollständig in die Gränzen der Beobachtungsfehler fällt. Man kann also in diesen Gränzen die Wertheim'sche Formel, welche $\gamma = \frac{1}{3}\delta$ setzt, als richtig betrachten. Der in derselben Kolumne angegebene zweite und dritte Unterschied dagegen beweisen, daß die gefundene Verlängerung größer ist als die nach jener Formel berechneten, so daß in diesen beiden letzten Fällen (wo die Verlängerungen größer als das Doppelte der ursprünglichen Länge waren) die Zusammenziehung γ kleiner ist als $\frac{1}{3}\delta$. Und das hatte auch Wertheim bemerkt. In der That beobachtete er, daß, wenn das Kautschuk etwa das Doppelte seiner ursprünglichen Länge angenommen hatte, der Werth von δ abnahm und nicht nur kleiner als $\frac{1}{3}\delta$ wurde, sondern gar zu $\frac{1}{4}\delta$, welches der von Poisson gegebene Werth ist. Ich habe daher des Vergleiches halber in Kol. XI den nach der Formel Poisson's berechneten Werth von δ angegeben und in Kol. XII die Unterschiede zwischen diesem berechneten Werthe von δ und dem gefundenen der Kol. VIII. Nun ist der erste dieser Unterschiede positiv und sehr groß, was sagen will, daß bei dem ersten Zuge und wenn sich die Länge des Kautschuks noch nicht verdoppelt hat, $\gamma > \frac{1}{4}\delta$, und in der That ist vorhin gefunden, daß $\gamma = \frac{1}{3}\delta$. Bei den ferneren Zügen

sieht man, daß diese Unterschiede negativ sind, was sagen will, daß die Verkürzungen des Durchmessers kleiner sind als $\frac{1}{4}\delta$; und wirklich würde bei dem zweiten Unterschied der Werth von γ zwischen $\frac{1}{4}\delta$ und $\frac{1}{3}\delta$ liegen und beim dritten Unterschied gar kleiner als $\frac{1}{6}\delta$ seyn¹⁾.

Aus meinen Beobachtungen geht also hervor, daß die Verringerung der Einheit des Durchmessers, so lange die Länge sich nicht verdoppelt hat, gleich ist $\frac{1}{3}$ der Verlängerung der Längeneinheit, und daß bei größeren Verlängerungen die Abnahme des Durchmessers in einem geringeren Verhältniß erfolgt als von Poisson angegeben ist. Diefß kommt darauf zurück, daß zu Anfang des Ziehens die Volumzunahme des Kautschuks größer ist als die, welche sich zeigt, wenn dasselbe seine Länge verdoppelt hat.

Man kann auch hinzufügen, daß wenn schon die Veränderungen des Durchmessers bei einem und demselben Körper kein festes Verhältniß zu der Verlängerung einhalten, man umsoweniger bei verschiedenen Körpern ein constantes Verhältniß zwischen jenen beiden Werthen zu finden erwarten darf, von welchen der von Wertheim und von mir gefundene Werth nur ein approximativer ist.

Aus vorstehenden Betrachtungen ergibt sich, daß die große Elasticität des Kautschuks oder besser die Eigenschaft sich verlängern zu können vorzüglich von einer leichten Verschiebbarkeit seiner Theilchen abhängt. Aus einer transversalen Lage häufen sich diese in einer longitudinalen an, wodurch es sich bei einem Volumenzuwachs, nicht größer als er bei anderen Körpern vorkommt, viel stärker als alle diese verlängert. Das Kautschuk, gleichsam eine teigige Masse, verlängert sich, wenn man es zieht, und natürlicher-

- 1) Bei diesen Bestimmungen habe ich das Glied $LS\delta\beta$ nicht berücksichtigt, weil es beim Vergleiche der Theorie von Poisson und Wertheim nicht nothwendig war. Es ist daher nöthig zu bemerken, daß wenn ein solches Glied bei den Metallen, wo die Verlängerungen und Zusammenziehungen der Fäden sehr klein sind, zu vernachlässigen ist, das beim Kautschuk nicht der Fall ist, allemal wenn man das Verhältniß zwischen β und δ genau bestimmen will, welches daher zu Anfang der Versuche erhalten werden kann, wie wir vorhin angegeben haben.

weise je mehr die Seitentheilchen schon verschoben sind, destoweniger sind sie innerhalb der Elasticitätsgränze geschickt es zu thun, wodurch das Kautschuk einen abnehmenden Elasticitätscoëfficienten haben muß. Es ist auch leicht vorzusetzen, daß diese Verschiebungen der Theilchen im Acte der Verlängerung des Fadens ausgedehnter seyn müssen in einem sehr dicken als in einem dünnen Faden und daß daher (wenn nicht auch aus anderen Gründen) jene sich weniger ausdehnen müssen als diese. Die Curven 5, 6, 7, (Fig. 7 Taf. II) beziehen sich auf die Tabellen 5 und 6 und entsprechen den mit Fäden von 6 bis 9^{mm} Durchmesser gemachten Versuchen. Die Verlängerungen dieser Fäden waren sehr viel kleiner als die mit dünneren Fäden erhaltenen und ebenso waren ihre Elasticitätscoëfficienten kleiner. Ehe ich schliesse muß ich jedoch sagen, daß die von mir gefundenen Werthe keinen absoluten Werth haben, weil auch mit Fäden von derselben Fabrikation und Dicke ziemlich verschiedene Werthe erhalten wurden, wie aus den Tabellen dieser Abhandlung hervorgeht.

Anhang.

In den letzten Nummern des Journales *Les Mondes* (April und Mai 1869) sind zwei interessante Arbeiten über das Kautschuk von Hrn. Pierre Thomas mitgetheilt, von denen ich erst nach dem Drucke meiner Abhandlung Kenntnifs erhielt.

Der Verfasser beweist auf verschiedene Weise, daß das Kautschuk sich durch Wirkung der Wärme ausdehnt und erwähnt unter anderen eines recht interessanten Versuchs. Er sagt, daß ein Stück Kautschuk, welches schwerer ist als kaltes Wasser, darin leichter wird und auf demselben schwimmt, wenn man das Wasser erwärmt. Ich habe den Versuch wiederholt und dasselbe Resultat erhalten. Ich muß daher bemerken, daß das vulcanisirte Kautschuk oft viel dichter als das Wasser ist, wodurch man das erwähnte Resultat nicht erhält. Dagegen gelingt der Versuch viel besser, wenn man das Kautschuk leichter nimmt als das

Wasser, und es durch Anheftung kleiner Stücke von Eisendraht ein wenig schwerer macht. Dann sieht man leicht, daß das Kautschuk, welches bei gewöhnlicher Temperatur im Wasser zu Boden sinkt, auf demselben schwimmt, wenn man es seinem Siedpunkt nahe bringt. Dieser Versuch beweist klärlich, daß das nicht gespannte Kautschuk sich beim Erwärmen mehr ausdehnt als das Wasser. Das angeheftete Eisen hat keinen Einfluß auf das Resultat, weil dessen Ausdehnungscoefficient viel kleiner ist als der des Wassers. Nach diesen und anderen ähnlichen Versuchen glaube ich daher nicht, daß man implicite annehmen könne, wie es Pierre thun würde, daß auch das gespannte Kautschuk sich durch Wärme ausdehnen müsse, statt sich zusammenzuziehen, wie es Joule und Tyndali behaupten würden. Ich glaube vielmehr, daß dieser Punkt der Aufgabe noch nicht durch die großen Anomalien der Eigenschaften des Kautschuks aufgelöst ist und daher einer ferneren experimentellen Untersuchung bedarf.

Die anderen von Hrn. Pierre in den erwähnten Aufsätzen behandelten Aufgaben betreffen die Volumsveränderungen des Kautschuks beim Ausziehen. Der Verf. experimentirte mit Kautschukstücken von 1,25 und 8,0 Grm., verschiedentlich gespannt, und bediente sich der hydrostatischen Waage; er fand das Kautschuk, unter jeglicher Tension, immer von demselben specifischen Gewicht, und zwar, wie er eigends sagt, wenn man es, nach der Erwärmung beim Ausziehen erkalten lasse.

Ich will in dieser Beziehung nicht alle gegentheiligen Versuche anderer bewährter Experimentatoren über das Kautschuk und verschiedene Metalle anführen, sondern nur bemerken, daß ich mit zwei Kautschukschnüren experimentirte, deren eine etwa 130 Grm. wog, und immer unter Anwendung der hydrostatischen Waage fand, daß die Dichte des Kautschuks beim Ausziehen abnimmt. Dies konnte in keiner Weise von einer Erwärmung der Schnur hergeleitet werden, weil die Wägung im Wasser etwa 30 Minuten nach der Ausziehung des Kautschuks bewerk-

stell
stim
Res
sch
sind
und
wel
bed
tigh
mit
der
nac
des
wei
die
Qu
auf
nun
das
urs
me
als
Th

1)

2)

3)

P

stelltigt wurde. Und nicht zufrieden mit einer solchen Bestimmung habe ich deren 24 ausgeführt und mit demselben Resultat. Es leidet daher keinen Zweifel, daß das Kautschuk sein Volum beim Ausziehen vergrößert. Ueberdies sind die in Tabelle VIII angegebenen Werthe so deutlich und übereinstimmend, daß man sie in keiner Weise irgend welchen Fehlern zuschreiben kann, besonders wenn man bedenkt, daß die von mir angewandten Waagen mit Leichtigkeit Milligramme angaben. Endlich kann ich auch nicht mit dem Verf. übereinstimmen, wenn er sagt, die Abnahme der Einheit des Querschnitts könne nicht $\frac{1}{3}\delta$ seyn ¹⁾, wie nach Wertheim, weil bei einer dreifachen Verlängerung des Stabes der Querschnitt Null werden müßte ²⁾, erstens weil Wertheim in seiner Abhandlung sagt ³⁾, daß, nicht die Abnahme des Querschnitts, sondern die der Seite des Querschnitts gleich $\frac{1}{3}\delta$ ist, und zweitens weil Wertheim auf S. 57 derselben Abhandlung sagt, daß diese Abnahme nur bei kleinen Verlängerungen gleich $\frac{1}{3}\delta$ ist. Wenn dagegen das Kautschuk durch das Ausziehen dem Doppelten seiner ursprünglichen Länge nahe kommt, so geschieht die Zusammenziehung der Seite in einem viel kleineren Verhältniß als $\frac{1}{3}\delta$ und auch $\frac{1}{4}\delta$. Und diese Schlüsse habe ich in der That durch die Versuche vollkommen bestätigt.

1) Kürze halber bezeichne ich hier durch δ die Verlängerung der Längeneinheit und durch γ die Verkürzung der Seiteneinheit des Querschnitts des ausgezogenen Prismas.

2) Pierre, l. c. S. 578.

3) Wertheim, *Ann. de chim. et de phys. Ser. III, Vol. 23* (1848) p. 55.

XV. *Ueber das Erdbeben von Cosenza, 4. Oct. 1870; von G. vom Rath in Bonn.*

Das Erdbeben, welches im October des vorigen Jahres einen Theil von Calabrien verwüstete, gehörte zu den heftigsten, von welchen dies vielschütterte merkwürdige Land jemals betroffen worden ist. Trotzdem ist über dasselbe aus jener Ferne und in Folge der Zeitereignisse nur geringe Kunde zu uns gelangt. Deshalb mag es gestattet seyn, hier über dies letzte calabrische Erdbeben einige Mittheilungen zu machen, vorzugsweise auf Grund einer jene Katastrophe betreffenden Schrift ¹⁾ des Dr. Dom. Conti zu Cosenza. Mehrere eigene Erkundigungen und Wahrnehmungen an Ort und Stelle konnten die in Conti's Schrift gegebenen Nachrichten bestätigen. Zur Vergleichung mit den Wirkungen dieses jüngsten Erdbebens mögen zum Schlusse einige Bemerkungen über die noch schrecklicheren Verheerungen der Erderschütterungen des Jahres 1854 folgen, über welche der *Canonico Penitenziere* Ferd. Scaglione eine ausführliche Arbeit verfaßt hat ²⁾.

Das Kalkgebirge des Appennins endet mit hohen und steilen Abstürzen, den Schichtenfall gegen Nord gewendet, in der Gegend von Castrovillari und Tarsia, d. h. im Thale des untern Crati-Flusses, etwa 39° 30' bis 45' n. Br. Am Fusse der, fast ohne Vorhöhen sich erhebenden, wilden und nackten Kalkberge (*Monte Pollino*, 2233 Mt.) dehnen sich die weiten, jetzt versumpften Ebenen des alten

1) *Memoria e statistica sui terremoti della provincia di Cosenza nell' anno 1870. Cosenza 1871.*

2) »Cenno storico-filosofico sul tremuoto che nella notte del dì 12 venendo il 13 febbrajo dell' anno 1854 ad un ora meno un quarto scosse orrendamente la Città di Cosenza e varii paesi vicini«. (*Atti della Reale società economica di Calabria citra.*) Cosenza 1855.

Sybaris aus. Die Thermen von Cassano, am Fusse der Kalkabhänge entspringend, stehen wohl in engem Zusammenhange mit der grossen Spalte, welche in der Tiefe dem plötzlichen Aufsteigen des Gebirgs entspricht. Die südlich liegenden Länder, die drei kalabrischen Provinzen sind mit der Appenninen-Halbinsel nur topographisch, nicht geologisch verbunden. Granit, Gneifs, krystallinische Schiefer, welche dem Appennin ganz fremd sind, setzen die calabrischen Gebirge zusammen. Sie lassen sich in drei Hauptgruppen theilen: 1) *Aspromonte-Monte Alto*, der plateauähnliche Rücken, welcher von der Meerenge von Messina bis zur Landenge zwischen den Golfen von Eufemia und von Squillace reicht; Granit; *Aspromonte* 1974 Met. 2) *Sila*, ein hohes und ausgedehntes Waldgebirge — 8 d. Meil. von Nord nach Süd, $5\frac{1}{2}$ von Ost nach West, — mit grossen Thalsystemen, überragt von einem Randgebirge; Granit und Gneifs; das Ganze ein von Forschern unbetretenes Gebiet. *La Sila* 1889 Met. 3) *Monte Cocuzzo*, ein von Nord nach Süd streichender Längsrücken zwischen dem Thale des Crati im Osten und dem tyrrhenischen Meere im Westen; Gneifs und krystallinische Schiefer. Der *M. Cocuzzo* (1550 Met.) hängt in der Gegend von Rogliano (2 d. Meil. südlich Cosenza) mit der Sila zusammen; wie sich auch durch geringe Höhen eine Verbindung der Kalkberge des Appennins mit dem *M. Cocuzzo* herstellt.

Von der südwestlichen Ecke des Golfs von Tarent zieht, zunächst gegen Südwest, dann gegen Süd das breite Thal des Crati (bei seiner Ausmündung 3 d. M. breit, weiter aufwärts sich auf 2 und 1 Meile und weniger verengend), in seiner unteren Hälfte die Sila vom Appennin, in der oberen von der Sila das Cocuzzo-Gebirge trennend. Wo die breite Thalebene endet — in ihrem obern Theile Vallo genannt —, und zahlreiche schluchtähnliche Thäler ausstrahlend nach den beiden genannten Gebirgsmassen hinaufziehen, liegt Cosenza, an der Stelle der alten Cosentia, eine Stadt der Erdbeben; zertrümmert »da capo a fondo« am 4. Febr.

1181¹⁾, arg zerstört 13. Febr. 1854²⁾). Der größte Theil der Stadt, mit engen unregelmäßigen Straßen, thurmartig hohen Häusern, liegt am nördlichen Abhang eines Hügels, welcher die Flüsse Crati und Busento vor ihrem Zusammenflusse trennt. Beide Flüsse, von denen der erstere an der Sila, der letztere am Cocuzzo entspringt, führen, mit Ausnahme der Regenzeit, eine im Vergleiche zu ihren breiten, verwüstenden Kiesbetten nur geringe Wassermassen. Die Stadt wird überragt von dem auf jenem Hügel liegenden Kastell, dessen gewaltige, bis über 3 Met. dicke Mauern den letzten Erdbeben nicht widerstanden. Wie Calabrien überhaupt, so bietet besonders Cosenza und seine Umgebung die größten Gegensätze dar. Die aus Tertiärschichten gebildeten Vorhöhen der Berge sind von größter Schönheit und Fruchtbarkeit, in zahlreichen Dörfern bewohnt; darüber emporsteigend der hohe Gebirgsrand mit Kastanien, Eichen, Buchen, Pinien, Tannen bedeckt, erst in der zweiten Hälfte des Mai oder im Juni von Schnee frei. Was hinter der Bergumwallung, welche nur 2 d. Meil. gegen Ost von Cosenza hinzieht, liegt — die Waldesgründe und Felsthäler der Sila — ist fast noch in dem Urzustande, in welchem Dionys von Halikarnafs dies Land beschreibt. (»Es wachsen daselbst in Menge sehr hohe Tannen und Pinien, mächtige Buchen, Eschen und jegliche Art von Bäumen. Sie werden ernährt durch die Flüsse, welche dort fließen, und bilden auf den Bergen mit ihren Kronen zusammenhängende Schatten«). Abwärts von Cosenza durchfließt der Crati theils buschbedeckte, theils sumpfige Ebenen; die breite Thalfläche ohne Cultur und ohne Bewohner, welche

1) Obige Jahreszahl nach Scaglione; v. Hoff giebt das Jahr 1169 an, und bemerkt, daß nach anderen Angaben die Katastrophe 1179 oder 1183 stattgefunden habe. Der Tag wird übereinstimmend bemerkt.

2) Gleichfalls in den Februar (4. Mittags) fiel das schreckliche Erdbeben von 1783, bei welchem in wenigen Augenblicken mehr als 30 Tausend menschlicher Wesen einen schrecklichen Tod fanden. Die verheerenden Erschütterungen erstreckten sich nicht bis Cosenza, woselbst man nur den »Rombo« hörte.

sich an beiden Thalseiten auf den Gebirgsabhängen angesiedelt haben. Aus den Stümpfen des Vallo entwickelt sich in den heißen Monaten die Fieberluft, welche die Stadt in hohem Grade heimsucht. Vom October bis Juni volkreich und thätig, verödet sie im Sommer, indem wer irgend kann, an den Bergabhängen Zuflucht vor dem Fieber sucht.

Das Erschütterungsgebiet des Erdbebens vom 4. October erstreckte sich über die ganze Breite der calabrischen Halbinsel vom ionischen bis zum tyrrhenischen Meere, und zwar im Norden von Scalea (westlich Castrovillari) am tyrrhenischen bis Catanzaro und Squillace nahe dem ionischen Meere im Süden. Die Zone, in welcher das Erdbeben seine größte Heftigkeit zeigte, war von Nordost nach Südwest gerichtet, von Rofsano am Busen von Tarent bis Amantea. Die Streichungsrichtung lag demnach schief gegen die Längsrichtung dieses Theils der Halbinsel, und durchschnitt quer die beiden Gebirgsmassen Sila und Cocuzzo. Cosenza lag zu seinem Glück etwas nördlich von der Linie größter Verwüstung, welche sich namentlich in Cellara, St. Stefano, Mangone ($1\frac{1}{2}$ bis 2 d. Meil. südöstlich von Cosenza) sowie in Longobucco und Rofsano offenbarte. Je entfernter von dieser Linie gegen Nordwest und gegen Südost, um so weniger verheerend waren im Allgemeinen die Stöße; auch war ihre Kraft gewaltiger auf dem westlichen Gehänge der Sila in den Dörfern der Umgebung von Cosenza, als auf dem nordöstlichen, in Longobucco. Von der bezeichneten centralen Linie Rofsano-Amantea erstreckten sich die Bebenungen beiderseits nicht über 8 d. Meil. hinaus, ohne indess die bezeichnete Gränze überall zu erreichen. Indess, wie bei früheren Katastrophen, zeigte sich auch bei dieser jüngsten, daß die Stärke der Erschütterungen keineswegs allein durch die größere oder geringere Nähe jener centralen Zone bedingt wurde, vielmehr wesentlich auch von lokalen Umständen abhing. In den betroffenen Dörfern litten einige Theile mehr, andere weniger, ja in fast ganz zerstörten Ortschaften blieben einzelne Quartiere oder Häuser fast unversehrt. Jene Nordost Südwest-Linie,

Rossano-Amantea, gewinnt an Interesse, wenn wir sie mit den Zonen größter Kraftentwicklung, früherer kalabrischer Erdbeben, vergleichen.

Das Verheerungsgebiet der schrecklichen Katastrophe 1783 erstreckte sich gleichfalls von Nordost, von der Lamoto-Ebene (Golf von Eufemia), gegen Südwest, bis Reggio und über den Faro hinaus. Die Erdbeben von 1832, 35 und 36 hatten eine nordsüdliche Ausbreitungssphäre, während diejenige der Erderschütterung vom 13. Febr. 1854 sich von Südost nach Nordwest fast normal zur Linie Rossano-Amantea ausdehnte.

Wenngleich an einen unmittelbaren Zusammenhang der kalabrischen Erdbeben mit den meteorologischen Erscheinungen wohl nicht zu denken ist, so mag es dennoch nicht überflüssig und interesselos erscheinen, das Folgende über die Witterungsverhältnisse Cosenzas des J. 1870 vor dem Erdbeben der Schrift von Conti zu entnehmen.

Die Monate Januar und der größere Theil des Februar waren ungewöhnlich kalt, indem das Thermometer bis — 6° R. sank (eine Temperatur, welche seit mehreren Jahrzehnten nicht vorgekommen), und wiederholt Schnee in den Straßen der Stadt fiel. Gegen Ende des Januars traten statt des bis dahin herrschenden Nordwinds, Südost- und Südwestwinde mit Regen ein, so dafs bald die Mandel-, Kirschen- und Pflaumbäume in Blüthe standen. Am 3. März trat wieder Kälte ein und vernichtete die Blüthen. Dieser Monat und der April waren wieder ungewöhnlich rauh, der Nordwind brachte mehrfach Schneeestöber. Am 17. April, Ostern, beobachtete man in Cosenza — 4° R., was um diese Zeit ganz unerhört war. Mit Erstaunen sah man den Schnee selbst am Küstensaume des tyrrhenischen und jonischen Meeres. In Folge der Kälte verspäteten sich die Feldarbeiten sehr. Der Mai brachte nur wenige schöne Tage, übrigens südliche Winde mit anhaltenden Regen, Stürmen und Gewittern. Mit dem Juni begann noch nicht, wie meist in anderen Jahren, die heisse Zeit. Es stellten sich wieder Nordwinde ein; am 24. fiel Schnee sowohl auf dem

Monte Pollino, als in der Sila. (Am genannten Tage beobachtete man in der Gegend Perciavinella, Sila, rothen Schnee, eine früher dort nie gesehene Erscheinung). Mit Beginn des Juli trat groſse Wärme ein, bis 32° R. Gegen Mitte des Monats ging der Wind nach Norden und die Temperatur wurde erträglicher. Am 3. und 4. August begannen Regen und Wind. Die Temperatur sank so sehr, daſs man den Spätherbst gekommen glaubte. Nur wenige Tage zeigten die dem Monat entsprechende Temperatur. Nach dem 15. wurde die Wärme-Abnahme empfindlich. Wer konnte, blieb eine Woche zu Hause (22. bis 28.) Das Barometer zeigte während zwanzig Tage auf »Trocknes Wetter«. Die Blätter der Bäume wurden vorzeitig gelb, das Land trocknete aus, die Trauben wurden welk, die Oliven und Kastanien verkümmerten. Dieselbe Trockenheit dauerte im September an; am 17. fiel Schnee auf dem Monte Pollino und in der Sila, was seit dem J. 1812 um diese Zeit nicht beobachtet worden seyn soll. Bis 1 Met. tief trocknete das Land aus, und zerrifs in Spalten. Das Wasser begann zu verschwinden, die Felder konnten nicht bestellt werden. Nach dem 28. zeigten sich schwere, unbewegliche Cumuli-Wolken. Am 3. October war der Himmel verschleiert; kleine Streifenwolken erschienen, »welche unter dem Einflufs des Windes sich nicht zu bewegen schienen [?], und von den Landleuten für ein Vorzeichen des Erdbebens gehalten wurden« [wohl erst nach der Katastrophe]. Am Abend war die Luft still, die Sterne leuchtend. Am Morgen des 4. erschien die Sonne trüber als an den vorhergehenden Tagen, die Kälte empfindlicher. Um 4 Uhr Nachm. will man wieder jene unbeweglichen Streifenwolken erblickt haben. Es bedarf hier wohl kaum der Bemerkung, daſs solche sichtbaren Vorzeichen von Erdbeben nicht existiren, vielmehr die betreffenden Angaben ihre psychologische Erklärung in dem Glauben finden, es müſsten so furchtbare Ereignisse schon in ihrer Vorbereitung auf irgend eine Weise bemerkbar seyn. Die geängsteten Bowohner jener unglücklichen Provinzen hoffen immer vergeblich, es müſsten sich ihnen so schreck-

liche Katastrophen vorher offenbaren, sey es in der Wol-
kengestaltung, im Schein der Sonne, im Flug der Vögel,
dem Bellen der Hunde usw.¹⁾.

Um 5 Uhr 55 Min., als die Landleute im Begriffe waren
vom Felde heimzukehren, die Handwerker ihre Beschäftigung
auf der Strafse verlassend, in ihre Häuser treten wollten, da
plötzlich hörte man einen gewaltigen, anhaltenden vibrirenden
Donner (*rombo*), welcher eine gewisse Aehnlichkeit hatte
mit dem Rollen eines über die (ebenen) Dächer fahrenden
schweren Wagens. Dieser Donner, welchen der Angst-
schrei Tausender *«il terremoto»* begleitete, rettete Vielen
das Leben. Glückliche wer eine Thürnische, einen Bogen,
die Strafse erreichen konnte. Unmittelbar nach jenem Don-

- 1) Viele unterrichtete Männer in den südlichen, von Erdbeben bedrohten
Provinzen setzen jetzt große Hoffnungen in den Sismographen auf dem
Vesuv-Observatorium, welchen der Scharfsinn Palmieri's eronnen
hat. In der That äußerte dieser verdienstvolle Gelehrte (23. April d. J.),
dafs die Bewegungen des Sismographen sich zeigten: theils vor oder
während einer Vesuveruption, theils im Zusammenhang mit der Thätig-
keit ferner Vulkane, Aetna oder Santorin; theils endlich verkündeten und
begleiteten jene Schwankungen des sismischen Instruments Erdbeben in
irgend einem Theile Europas, vorzugsweise solche im Becken des Mit-
telmeers. Als im Laufe des J. 1869 für das Schwanken des Sismogra-
phen keine Gleichzeitigkeit mit einer Eruption des Aetna oder Santorin,
oder mit einer Erschütterung der Gestade des Mittelmeers, konnte nach-
gewiesen werden, auch der Vesuv die tiefste Ruhe bewahrte; — ergab
es sich doch später, dafs eine der Erschütterungen von Grolsgerau der
Zeit nach ungefähr zusammenfiel mit jener Bewegung des Pendels auf
dem Somnawalle. Wenn man übrigens erwägt, dafs nach Palmieri's
Zusammenstellung während des Jahres 1870 an 131 Tagen sismische
Schwankungen beobachtet wurden (*Rendic d. R. Accad. Nap. Gennajo*
1871), dafs die Zahl derjenigen Tage an denen man in Europa irgend
eine Reaction des Erdinnern gegen die Oberfläche constatiren konnte,
gewifs noch gröfser war, so leuchtet ein, dafs man in dieser Hinsicht
leicht verführt sich fühlen kann, gleichzeitige Erscheinungen für wahrhaft
zusammengehörige zu halten. Bemerkenswerth ist es gewifs, dafs der
Sismograph, während der Vesuv schwieg, am 1., 2., 3. October schwankte,
also an den Tagen, welche dem calabrischen Erbeben vorangingen; am
4., dem Tage der Katastrophe, ruhig war, vom 5. bis zum 28. täglich
vibrierte, während gleichzeitig an jedem der genannten Tage bei Cosenza
die Erde schwankte.

ner folgte ein heftiger Stofs, dann sogleich noch zwei von gleicher Stärke. Die Dauer der Stöße betrug einige Secunden (die Schätzung von 12, ja bis zu 30 Sek. ist wohl übertrieben), und von gleicher Dauer scheinen die Zwischenräume zwischen den drei Stößen gewesen zu seyn. Genaue Angaben über die ersten verheerenden Erschütterungen grosser Erdbeben sind wohl kaum zu erwarten, was sich aus dem Schrecken erklärt, von welchem die Menschen ergriffen werden. Doch wurde ermittelt, dafs während der Pausen die Menschen aus Furcht, die Häuser möchten über ihnen zusammenstürzen, mehrere Zimmer durchlaufen hatten, um die Strassen oder einen freien Platz zu gewinnen. Viele waren zu den Fenstern hinausgesprungen. Die ersten drei Stöße waren die heftigsten. Glocken, von unsichtbarer Hand bewegt, schlugen an. Lose auf den Tischen liegende Gegenstände, wie Uhren, Schellen etc., wurden herabgeschleudert; die Tische selbst verrückt, Stühle umgestürzt, Gemälde und Spiegel fielen von den Wänden. Starke Mauern wankten und stürzten ein; zu Celico und Mangone entrannen einige Bewohner durch die Spalten der zerrissenen Mauern; Säulen stürzten um; die drei Werkstücke, aus denen die steinerne Basis eines der grossen Kandalaber auf dem Präfecturplatze zusammengefügt war, wurden auseinander geschoben, und erschienen zugleich etwas von Süd gegen Ost gedreht. Viele Gesimse und Dächer stürzten herab. Einige Bäume brachen am Boden und fielen gegen Süd. Aus der Sila wurde berichtet, dafs die Wipfel hundertjähriger Bäume gegen einander geschlagen wären, wie von einem heftigen Wirbelwinde betroffen. Ja es sollen dort, wo die Erschütterungen ihr Centrum hatten, in Folge der vertikalen Stöße die am Wege liegenden Steine sich einen Meter hoch gehoben haben. Die in diesem Theile der Sila liegenden Meierhöfe der Barone Barracco und Cosentini, Gebäude von castellartiger Festigkeit mit Mauern von 2 bis 3 Met. Dicke wurden in wenigen Secunden zertrümmert. Auch wird erzählt, dafs das Vieh, wie von

einem Schlage getroffen, unbeweglich mit gesenktem Haupte dagestanden habe.

Durch jene drei schnell folgende Stöße wurden in Cosenza mehr als hundert Häuser so beschädigt, daß ganze Mauern neu aufgeführt werden mußten, fünfzehn andere waren schief gesunken, so daß sie niedergelegt werden mußten. Am meisten wurden die oberen Stockwerke, Dächer, Gesimse betroffen. Eine bemerkenswerthe Erscheinung, welche freilich auch bei früheren Erdbeben beobachtet wurde, war, daß die Häuser namentlich an ihren freistehenden Ecken beschädigt wurden. Durch Spalten ($\frac{1}{2}$ bis 1 F. breit) waren diese vorspringenden Kanten vom übrigen Bau vollständig abgelöst. Dieselben mußten abgetragen und neu aufgeführt werden. Die meisten Gebäude erhielten Risse und Spalten, deren Richtung — von oben nach unten — einen oft höchst unregelmäßigen Verlauf zeigte. Von größeren Gebäuden wurden namentlich beschädigt die Kathedrale, der Gerichtspalast, das Gefängniß, der Palast der Praefectur, die Kaserne usw. Wie im J. 1854 waren auch diesmal wieder die Erschütterungen am Kastell, welches die Stadt beherrschend auf einer Höhe liegt, besonders heftig. Was damals den Stößen widerstanden, wurde jetzt verwüstet, Mauern von 3 bis $3\frac{1}{2}$ Met. Dicke. Die Bewegung begann wellenförmig, wurde dann stossend (sussultorisch) und endete wie sie begonnen. Unmittelbar nach dem Erdbeben erhob sich von den betroffenen Dörfern und über der Stadt eine dichte Staubwolke, welche langsam fortschreitend gegen das Thal des Crati sich senkte, ein eigenthümlich verhängnißvoller Anblick für diejenigen, welche von abendlichen Spaziergängen sich zur Stadt zurückwandten. Alle Wohnungen wurden verlassen, die ganze Bevölkerung campirte auf den freien Plätzen, namentlich vor der Praefectur, am oberen Ende der Stadt. Auf diesem großen Platze wurden sogleich, obgleich er von zahlreichen Spalten zerrissen war, eine große Menge von Baraken gebaut, in denen die Menschen mehrere Wochen wohnten, da die fast täglich sich wiederholenden Stöße immer noch

ein Verweilen in den Häusern gefahrvoll erscheinen liefs. Als endlich gegen Ende des November und im December in Folge der Winterkälte Krankheiten unter der campirenden Bevölkerung ausbrachen, wurden die Häuser wieder bezogen. Bevor wir uns zu den Verwüstungen der benachbarten, auf der Centralzone liegenden Dörfer wenden, wird es von Interesse seyn, zu erfahren, welches der sismische Zustand der Erde zu Cosenza in den Monaten vor und nach jenen convulsivischen Bewegungen vom 4. October 5 Uhr 55 Min. gewesen.

Es mag in jener Stadt wohl kaum ein Jahr ohne mehrfaches Erbeben der Erde vergehen. Im verflossenen Jahre waren bereits vor dem 4. Oct. an zehn Tagen leichte Erschütterungen bemerkt worden, namentlich am 9. und 18. März, 8. und 25. Mai, 24. und 28. Juni, 9. und 16. Juli, 14. September. Der Bewegung vom 28. Juni ging ein leichtes Getöse vorher. Die verwüstenden Stöße vom 4. Oct. erfolgten plötzlich, ohne dafs etwa die Erde vorher leise geschwankt hätte. Es bestätigte sich wieder die Erfahrung, dafs nach solchen Erschütterungen, Wochen und Monate vergehen, bevor die Erdrinde wieder zur Ruhe kommt. Die bald hereinbrechende Nacht brachte innerhalb 11 Stunden 42 Stöße, unter denen 17 heftige mit sussultorischem Charakter. Die mittlere Dauer derselben war 2 bis 3 Secunden. An jedem der noch folgenden Tage des Monats (mit einziger Ausnahme des 31.) wurden Erdstöße gefühlt, und zwar waren sie am 13. und 16. von grofser Heftigkeit, wenngleich die Bewegung des 4. nicht erreichend. Im November zählte man 6 Erdbeben-freie Tage, den 8. 9. 11. 15. 16. 30. Der November brachte schon zwei Wochen ohne Erschütterungen, 4. bis 10., 21. bis 27. Außerdem waren ruhige Tage 13. 18. 29. 31. Fast alle Stöße wurden vom *Rombo* begleitet, und selten hörte man das Getöse ohne eine Bewegung zu spüren. Diese fortdauernden Erschütterungen brachten noch vielen Schaden, besonders in den nächstliegenden Dörfern. Die Spalten und Risse, welche zuerst nur linien-

breit gewesen, öffneten sich und klappten, und die Mauern kamen zu Fall.

Wäre die Linie stärkster Erschütterung, statt etwas südlich, mitten durch Cosenza gegangen, wäre die Katastrophe nicht unmittelbar nach Sonnenuntergang, sondern in tiefer Nacht erfolgt, so würden die Opfer nach Tausenden gezählt werden. Wenden wir uns nun zur Umgebung von Cosenza.

Die westlich, östlich und namentlich die südlich der Stadt sich erhebenden Hügel sind dicht bewohnt; zunächst um dieselbe Hunderte von Häusern und Häusergruppen, die sog. *Casali di Cosenza*¹⁾; dann in weiterer Ferne (bis 2 d. Meil.) zahlreiche Dörfer und einige kleine Städte, unter ihnen Donnici (*Sopra und Sotto*), Aprigliano gegen Südost, mehr gegen Süd: Piane Crati, Figline, Cuti, Cellara, St. Stefano, Mangone, endlich Rogliano hoch über dem Thal des Savuto-Flusses, die erste Post jenseits Cosenza. Die meisten der genannten Dörfer lagen in der Zone stärkster Erschütterung und hatten schreckliche Verluste zu beklagen. Leider waren es zum Theil dieselben, welche schon im Jahre 1854 zerstört worden waren. Mangone, zunächst bei Rogliano, wurde fast ganz zerstört; aufrecht blieb nur die Kirche der Madonna dell' Arca, nebst einigen benachbarten Häusern, sowie das Haus der Familie Mauro, 1 Kilom. vom Dorf entfernt. Die Stadt Rogliano in herrlicher, fruchtbarer, dichtbewohnter und kultivirter Gegend blieb unversehrt, wenngleich kaum 2 Kilom. gegen Südwest von Man-

1) Die alterthwürdige Akademie der Wiss. zu Cosenza stellte (Febr. 1862) folgende Preisaufgabe: »eine topographische und historische Schilderung der Casali di Cosenza zu geben, zugleich mit einer national-öconomischen und administrativen Untersuchung der Mittel zur Civilisirung dieser Casali, mit Hülfe welcher Mittel die Ausrottung der Räuberbanden gelingen könnte, welche vorzugsweise dort ihren Sitz haben, und, begünstigt durch die Wälder der nahen Sila, seit den ältesten Zeiten (bald mehr, bald etwas weniger) schwer die Provinz bedrückt haben«. Glücklicherweise wurde die Vertilgung der *comitivi di grassatori* gleichzeitig mit etwas erfolgreicherem Maafsregeln angestrebt, als mit akademischen Preisaufgaben.

gone
Mange
St. M
große
in der
schwe
Auch
wenig
Crati,
östlich
blieb
welch
geblie
tiäre
unver
glian
Zerst
auf d
fitta
zerst
Rove
wurd
solch
schon
Bebe
und
verfo
fast
bew
Verl
Auf
gun
eine
tige
bew
res
lich

gone entfernt. St. Stefano, etwa 2 Kilom. westlich von Mangone, litt schwer; es wurden namentlich die Quartiere St. Maria und Gravata niedergeworfen. Ebenso wurde ein großer Theil von Cellara umgestürzt, nur einzelne Häuser in der StraÙe Rugacoschi wurden verschont, indem sie zwar schwer beschädigt, doch nicht zu Boden gestürzt wurden. Auch in Figline lag die Mehrzahl der Häuser in Trümmern, weniger verheert war nur das Quartier la Riforma, Piane Crati, 1 Kilom. nordöstlich von Figline und 8 Kilom. südöstlich von Cosenza wurde zur Hälfte vernichtet. Doch blieben namentlich verschont einige Theile des Fleckens, welche auch bei fast allen früheren Erdbeben unversehrt geblieben waren. Eine Verschiedenheit des Bodens (tertiäre Schichten), einerseits im zerstörten, andererseits im unversehrten Theil des Orts ist nicht wahrnehmbar. In Aprigliano, 2 Kilom. nordöstlich von Piane beschränkte sich die Zerstörung auf den Stadtheil Guarni mit 80 Häusern und auf einige wenige Häuser des Quartiers Agosto. In Pitrafitta stürzten 7 Häuser zu Boden, viele andere wurden so zerstört, daß sie unbewohnbar waren. Auch die Dörfer Rovella, Motta, Zumpano (5 Km. nordöstlich von Cosenza) wurden zum großen Theil zerstört; es stürzten hier auch solche Häuser zusammen, welche das Erdbeben 1854 verschont hatte. Von hier lassen sich die Zerstörungen des Bebens über Celico und Spezzano grande (12 Km. östlich und nordöstlich von Cosenza) in das Waldgebirge der Sila verfolgen, ein Landstrich, welcher von früheren Erdbeben fast unberührt geblieben war. Wäre dieß Gebiet dicht bewohnt und nicht Wald- und Felseinöde, so würden viele Verluste an Habe und Menschenleben zu beklagen seyn. Auf dem nordöstlichen Gehänge der Sila traf die Erdbewegung den volkreichen Ort Longobucco. Derselbe »liegt in einem engen, tiefen Thale, welches von einem über gewaltige Felsblöcke stürzenden Bache durchströmt wird. Hohe bewaldete Berge ringsum geben dem Orte ein wildes, düstres Ansehen« ¹⁾. Der Zerstörung verfiel besonders der westliche Theil des ehemaligen Bergorts (silberhaltiger Bleiglanz).

1) *Séjour d'un officier français en Calabre. Paris 1820.*

Auch in Rossano wurden viele Häuser beschädigt, in Gorigliano litt vorzugsweise das Quartier St. Maria und das Schloß des Barons Campagna Schaden. In Bisignano, auf dem nordwestlichen Abhange der Sila wurde der nordöstliche Theil des Dorfs mit mehr als 40 Häusern verwüstet. In Amantea, wo die Centrallinie das tyrrhenische Meer traf, fanden noch starke Beschädigungen statt, auch einzelne Häuser wurden zu Boden geworfen. In Catanzaro wurde die Erschütterung zwar empfunden, sie verursachte indess keine Beschädigungen.

Die Zahl der zerstörten Häuser wurde in der ganzen Provinz Calabria citra¹⁾ auf 1600 berechnet (in Calabrien wohnen gewöhnlich in einem Hause mehrere Familien), doch bemerkte man, dafs unter dieser Zahl sehr viele waren, welche bereits im J. 1854 Beschädigungen erlitten hatten und zum Theil nur äufserlich wieder hergestellt waren. Im Vergleiche zu diesem grofsen materiellen Schaden ist glücklicher Weise die Zahl der Opfer geringer — Dank der Stunde des Unglücks, zu welcher nur wenige Bewohner in ihren Häusern waren. Wäre die Erschütterung in der Nacht eingetreten, so würden viele Tausende in den Betten ihr Grab gefunden haben. Immerhin ist die Zahl der Todten und Verwundeten nicht gering und wurden allein in den Orten St. Stefano, Mangone, Cellara, Figline, Piane Crati, Longobucco 117 Todte und 179 Verwundete gerechnet.

Wie frühere Erdbeben, so hatte auch dies letzte eine auffallende Wirkung auf die Quellen. Im Allgemeinen brachen sie mit stärkerer Wassermasse hervor, so dafs die Bäche und der Fluß Crati anschwellen. Einige Quellen versiegten indess vorübergehend. Eine Zunahme um etwa die Hälfte ihrer Wassermasse wurde bemerkt bei den Quellen von Mangone, St. Stefano, im Vallo, von Montalto (2½ d. Meilen nordwestlich von Cosenza; von S. Piero (auf der Strafse nach Paola); ebenso verhielt sich die Quelle Acquaviva zwischen Castrolibero und Marano-Marchesato (zwischen

1) Gröfse 123,75 geogr. Quadrat-Meilen. Bevölkerung (Mitte der 50er J.) 456 Tausend Seelen.

Casenza und Poala). Alle diese Quellen wurden zugleich trübe, so dafs sie während zweier Tage zum Trinken nicht benutzt werden konnten. Es verstärkten sich auch die Mineralquellen von Guardia Piemontese (gleichfalls unfern Paola) und flossen noch am folgenden Tage stark wie ein Bach. Zu- und Abnahme der Quellen erklären sich leicht durch neugebildete Spalten, welche den Wasseradern theils neue Zuflüsse zuführen und Reservoirs öffnen, theils auch einzelne Wasserläufe aus ihrem bisherigen Kanal ablenken können. Dafs solche Spalten in der Tiefe sich bildeten, ist wohl unzweifelhaft, zumal da man viele derselben an der Oberfläche, sowohl in und um Cosenza als auch gegen die Sila hin beobachtete.

Von besonderem Interesse sind die mit dem geschilderten Erdbeben gleichzeitigen Ausbrüche zweier Schlammvulkane, deren Existenz in diesen entlegenen Gegenden bisher uns unbekannt geblieben war. Der eine derselben liegt in der Val del Drago, bei S. Sisto, Bezirk S. Vincenzo an der Strafse Cosenza-Paola, $1\frac{3}{4}$ d. Meilen von der Hauptstadt; der andere in der kleinen Sila, an der sogenannten Torre di Ponte.

Nach Aussage der Landbewohner ereigneten sich in der Val del Drago bereits in manchen früheren Jahren (ihrer Angabe zufolge namentlich im Mai) Schlammausbrüche, denen unterirdische Getöse vorangingen, und welche bis 30 Meter hoch Wasser und Schlamm emporschleuderten. Ein solcher Ausbruch trat nach dem Erdbeben des J. 1854 ein, wenngleich in weit geringerem Maafse als am 4. Oct. 1870. Diese letztere Eruption wurde von heftigstem Rombo begleitet. Es befinden sich dort in der Ebene des Drago-flusses 7 Kegel, von welchen die 4 gröfsten (deren Höhe 2 Met.) am Tage des letzten Erdbebens einen Ausbruch hatten. Die Kegelöffnungen, aus denen Wasser und Schlamm herausgeschleudert wurden, mafsen bis 3 Met. im Durchmesser. Zeuge dieses Schlammauswurfs war der Professor Gius. Salerno von Cosenza, welcher sich an jenem Tage in S. Sisti befand, und von dort aus die Eruption sah,

welche unmittelbar dem Erdbeben folgte. Als er sich am 6. Oct. an Ort und Stelle begab, fand er das Wasser warm und den Auswurf mit gleicher Heftigkeit wie am Abend des 4. Oct. fortdauernd. Mit dem schlammigen Wasser stiegen Gasblasen auf, auch bemerkte Salerno einen Geruch nach Schwefelwasserstoff. (So sind wohl seine Worte zu deuten *odore simile ad un cane morto.*) Hr. De Luca in Neapel berichtete in der Sitz. der Kgl. Akad. d. Wiss. vom 12. Nov. 1870 über die chemischen Eigenschaften und Zusammensetzung der ausgeworfenen thonigen Massen (Siehe Rendiconto). Eine der untersuchten Substanzen besaß bei 100° getrocknet ein spec. Gew. = 2,34. Mit Chlorwasserstoffsäure braust die Masse auf, und es entweicht Kohlensäure und etwas Schwefelwasserstoff. Die Säure löst 26,3 Proc., während 73,7 ungelöst zurückbleibt. Das Gelöste besteht vorzugsweise aus Kalk, Thonerde und Eisen, wenig Magnesia. Das Ungelöste ist vorzugsweise kiesel-saure Thonerde. In dem Auswurfsschlamm wurde außerdem Gyps, Schwefeleisen und eine organische Substanz nachgewiesen (nach de Luca).

Noch ist zu ergänzen, daß bei S. Sisti ein kleiner Bach salzigen Wassers existirt, und daß die Gegend von Montalto, Fuscaldò und (wie bereits oben erwähnt) Guardia Piemontese reich an warmen Quellen ist. Die zweite mit dem Erdbeben in Verbindung stehende Schlammeruption ereignete sich bei der Torre del ponte nicht weit von den Ländereien der Bazia di S. Giovanni in Fiore. Das Erup-tionsgebiet liegt in einer kleinen Senkung und umfaßt 7 bis 8 Kegel von $1\frac{1}{2}$ bis 2 Met. Höhe. Vor dem J. 1868 verrieth in diesem Gebiete Nichts eine pseudovulkanische Thätig-keit. Eine schwarze Humusdecke bildete die Oberfläche bis zu mindestens 3 Met. Tiefe. »Bis zu dieser Tiefe drang man nämlich ein, als man an jener Stelle vor 4 Jahren Briganten vergrub.« Im J. 1868 erhoben sich an der be-zeichneten Stelle Schlammkrater, welche thonige Massen von gelber, brauner und weißer Farbe auswarfen. Aus den Schlammmassen bildete sich ein gebänderter Schlammstrom.

Es scheint, daß diese erste Eruption den heftigen Erschütterungen von Monteleone und Pizzo vom Jahre 1868 entsprach. Ein ähnlicher Ausbruch erfolgte (wie es scheint) gleichzeitig mit dem Erdbeben vom 4. Oct. Doch ist die bezeichnete Stelle niemals von einem unterrichteten Manne besucht worden.

Mehrfach wurde in vorstehender Schilderung die Katastrophe des J. 1854 erwähnt, welche noch ungleich mehr Opfer an Menschenleben forderte und, im Verein mit dem letzten Unglück, es nur allzu klar macht, wie sehr unter dieser furchtbarsten aller, von der Natur verhängten Geißeln jene südlichen Provinzen leiden. Das plötzlich hereinbrechende, Eigenthum und Leben vernichtende Unglück, ja — mehr noch — die stete Bedrohung, mindert den Hang zu stetiger Arbeit und zum Sammeln der Früchte der Arbeit.

Das Erdbeben vom 13. Febr. 1854 wurde zwar von Neapel bis zum Faro gefühlt, war aber von verheerender Wirkung nur auf dem Gebiete zwischen Rogliano und Montalto. Beide Orte sind $4\frac{1}{4}$ d. Meil. in gerader Linie entfernt, SSO — NNW; fast genau in ihrer Mitte liegt Cosenza. Es lag demnach die Verwüstungszone dieser Erschütterung ungefähr rechtwinklig gegen die des J. 1870. Die Zerstörungen überschritten gegen Ost nicht den hohen Rand der Sila, gegen West nicht den Rücken des M. Cocuzzo; sie waren größer am Abhang des Cocuzzo, sowie südlich von Cosenza, als östlich dieser Stadt und am Abhang der Sila. »Ihr seht Ruinen (Scaglione, Febr. 1855) von Rogliano bis Montalto, sowohl rechts als links von unserer Stadt, und zwar bemerkt ihr die schrecklichsten Ruinen, Zerreißungen der Ländereien, Umsturz von Häusern, ja von ganzen Dörfern, Einstürze und Verheerungen von Ebenen und Bergen vorzugsweise südlich und westlich von Cosenza, wo die Ortschaften liegen: S. Ippolito, Torzano, Piane, Donnici, Paterno, Dipignano, Carolei, Mendicino, Cerisano, Castelfranco, Marano, Rende, S. Sisti, Montalto.« Die Erdererschütterung, welche Cosenza und 30 Ortschaften innerhalb

der oben bezeichneten Gränzen beschädigte oder zerstörte, erfolgte in der Nacht vom 12. zum 13. Febr. um $\frac{1}{4}$ vor 1 Uhr ohne ein nennenswerthes Vorzeichen. Die Bewegung war von einem gewaltigen Getöse begleitet (fast vergleichbar einem Büchsengeknatter oder einem starken Hagelschlag auf den Dächern, doch untermischt mit eigenthümlich zischenden Lauten) und so heftig, daß Personen, welche noch auf waren, zu Boden geworfen, andere, welche ruhten, fortgeschleudert wurden — in einigen Fällen unversehrt, während die Mauern einstürzten. Dieser erste Stofs, dessen Dauer auf 7 bis 8 Secunden angegeben wird, war weitaus der heftigste von allen folgenden, und verursachte allein das grofse Unglück. Bis zum Morgen folgten mehrere leichtere Stöße. In Cosenza wurden nach dieser Nacht im Laufe des Jahres Erschütterungen an folgenden Tagen bemerkt (für die Zeit vor dem 13. liegt keine Aufzeichnung vor): Febr. 13, 15, 17, 23, 25, 26. März 1, 5, 7, 13, 15, 19, 21, 22, 25, 28, 30, 31. April 4, 5, 6, 7, 10, 11 ¹⁾, 12, 13, 17, 19. Mai 16, 17, 29. Juni 18. August 29. September 9. October 29. November 2. December 9.

In Cosenza wurden fast alle öffentlichen und Privatgebäude theils zerstört, theils schwer beschädigt. Von den Zerstörungen und Verlusten, welche die Stadt erlitt, möge nach Scaglione nur Folgendes hier eine Stelle finden. Das Kastell, welches mit seinen gewaltigen Mauern den Jahrhunderten zu trotzen schien, war zum Theil eingestürzt, zum Theil drohte es den Sturz. Der Berg selbst war durch Spalten zerrissen. Beim Zusammensturz der Mauern und Gewölbe fanden 11 Mann der Besatzung ihren Tod, ferner mehrere Landleute und leider vier blühende Jünglinge, Söhne des Linienofficiers Clemente. Die Mutter, schwer verwundet, überlebte den Verlust ihrer Kinder. — Weniger als die übrigen Stadttheile litten durch den Stofs die Häuserreihen, welche sich längs den Flüssen Crati und Busento hinziehen. Einzelne Gebäude stürzten zwar auch

1) Zwei dumpfe Donnerschläge ohne Beben in Cosenza; heftiger Erdstofs in Monteleone.

hier zusammen, so das Haus Gerbasi, dessen Trümmer 7 Menschen erschlugen und 2 schwer verletzten. Auch die Flur von Cosenza war voll Ruinen; die Casali theils nur noch niedere Steinhaufen, theils geborsten und den Einsturz drohend. Opfer an Todten, Verwundete ohne Zahl, grosser Verlust an Oel und Wein. Ein Landhaus erschlug eine ganze Familie. Wie in der Stadt, so litten auch ausserhalb derselben diejenigen Häuser weniger, welche in der Nähe des Crati liegen.

Von den oben genannten Dörfern wurde am gräulichsten zerstört Donnici ($\frac{3}{4}$ d. Meil. südlich von Cosenza). Nach dem Erdbeben stand kein Haus mehr; man sah nur grosse Haufen von Ziegeln und Schutt. Von den 1496 Einwohnern wurden 202 von den fallenden Steinen erschlagen, viele andere zog man verwundet oder gequetscht unter den Ruinen hervor. Die Leichen wurden verbrannt. In Paterno ($1\frac{1}{4}$ d. Meil. südl. Cos.) blieb kein Haus unbeschädigt. Mehrere Spalten bildeten sich im Boden, und Felsen zerriessen z. B. die Rupe St. Angelo, die R. dei Greci u. a. Das volkreiche Dorf Dipignano ($\frac{1}{2}$ M. südl. Cos.), reich durch seine Kupferarbeiten, erlitt noch grössern Schaden; über hundert Häuser wurden der Erde gleichgemacht. Carolei (1 d. Meile südwestl. von Cos.), näher gegen das Cocuzzo-Gebirge, litt schweren Schaden. Ausser den Kirchen stürzten 34 Häuser ein, 13 Personen wurden als Leichen, viele verwundet hervorgezogen. Oberhalb der Pfarrkirche lag ein mächtiger Felsblock (*silice durissima*). Derselbe zerriß in Folge des Erdstosses und ein Drittel desselben stürzte zertrümmert ins Thal hinab. In Mendicino ($1\frac{1}{4}$ d. Meile südwestl. v. Cos.), am Acheron, auf der Stelle der alten Pandosia liegend (*Liv. VIII, 24*), war der untere Theil des Orts stark, der obere viel weniger beschädigt. Eine eigenthümliche Erscheinung bemerkte man in Folge des Erdstosses zu Cerisano ($1\frac{1}{2}$ d. Meile WSW von Cos.), wo kaum ein Haus unversehrt blieb. Es öffnete sich unfern der Kirche im Boden eine kleine Spalte, aus welcher Was-

ser hervorsprudelte. In der Straſſe Coschino, nahe am Bache, drang aus einer im felsigen Boden neu gebildeten Spalte ein leichter Dampf hervor, welcher nach Schwefelwasserstoff roch. Dieser Dampf verschwand, allmählig sich vermindern, nach mehreren Tagen. In Marano Marchesato ($1\frac{1}{2}$ d. Meil. WNW v. Cos.) wurden über 100 hohe Häuser vernichtet, andere so beschädigt, daß sie unbewohnbar blieben. Die Stadt Rende ($1\frac{1}{2}$ Meil. nordwestl. von Cos.) zählte hundert Todte. Die Kirchen und die meisten Privathäuser stürzten ganz oder theilweise zusammen. Das Dorf St. Fili, $\frac{1}{2}$ d. Meile, westlich von Rende, unmittelbar am Kamme des Mt. Cocuzzo liegend, litt nur wenig. Es bildeten sich hier viele Spalten, namentlich bei der Oertlichkeit Cocchiano; aus einer derselben floß einen Tag lang schlammiges Wasser. In der Nähe von St. Sisto bot sich eine andere erwähnenswerthe Erscheinung dar. Ein Hügel (genannt la Timpa) löste sich vom Abhange, auf welchem er sich erhob, und bildete einen Bergschlipf, den Bach Rubino aufstauend. In Montalto, welche Stadt oben als die natürliche Gränze des Verheerungsgebiets bezeichnet wurde, erlitt namentlich die große Pfarrkirche solche Beschädigungen, daß sie niedergelegt werden mußte. Im Uebrigen beschränkten sich die verderblichen Wirkungen des Erdbebens auf Risse und Spalten. Wenden wir uns von hier zur südlichen Gränze des Ruinendistrikts. In den Dörfern St. Stefano und Mangone zählte man 62 theils zerstörte, theils den Einsturz drohende Häuser. Die völlige Zerstörung dieser beiden Orte blieb, wie oben berichtet, dem 4. Oct. 1870 vorbehalten. In Bezug auf Rogliano verdient wohl hervorgehoben zu werden, daß es an der Katastrophe des J. 54 schweren Antheil nahm, während es am 4. Oct. 70 unversehrt blieb.

Offenbar befindet sich das weite vulkanische Gebiet des Mittelmeers jetzt und in der letztvergangenen Zeit in einem Zustande erhöhter Thätigkeit, wie die fortgesetzten oder schnell sich wiederholenden Ausbrüche bei Santorin, des Aetna und Vesuv beweisen. So räthselhaft auch immer die

Ursache und die näheren Bedingungen der calabrischen Erdbeben noch seyn mögen, so läßt sich gleichwohl kaum bezweifeln, daß die vielen, fast allmonatlichen Erschütterungen, welche seit einer Reihe von Jahren das unglückliche Land heimsuchen oder bedrohen, in Beziehung stehen zu der lebhafteren Entzündung jener vulkanischen Schlünde.

XVI. Ueber die anomale Dispersion einiger Substanzen ¹⁾; von Hrn. J. L. Soret.

(Bibl. univ. Mars 1871, p. 280.)

Hr. Christiasen und Hr. Kundt haben neuerlich sehr merkwürdige Versuche gemacht über die anomale Dispersion, welche gewisse Substanzen, wie die Anilinfarben, übermangansaures Kali usw. in concentrirten Lösungen hervorbringen. Ein aus diesen Flüssigkeiten zwischen zwei Glasplatten gebildetes Prisma giebt ein Spectrum, in welchem die Ordnung der Farbe nicht dieselbe ist wie bei den gewöhnlichen Substanzen: Blau und Violett sind weniger abgelenkt als Roth. In dieser Form gemacht, bietet der Versuch einige Schwierigkeit dar, weil diese Flüssigkeiten sehr dunkel gefärbt sind und das Licht daher nur eine sehr dünne Schicht von denselben zu durchdringen vermag; man muß also das Lichtbündel sehr nahe an der Kante des Prismas durchgehen lassen.

Die Wichtigkeit dieser Thatsache wird keinem Physiker entgangen seyn; ich glaube daher, daß es einiges Interesse haben werde, eine Folgerung anzugeben, die man durch einen leicht zu wiederholenden Versuch evident machen kann. Sie besteht darin, daß man das Spectrum umkehrt, indem

1) Es ist dies die S. 262 dieses Hefts erwähnte Arbeit.

man die zu untersuchende Lösung in ein hohles Prisma von etwa 30° bringt, und dieses Prisma in einen Trog von parallelen Glasplatten stellt, welcher mit der Flüssigkeit gefüllt ist, die zum Lösen der Substanz mit anomaler Dispersion dient. Man kann alsdann das umgekehrte Spectrum an einer weniger concentrirten und daher durchsichtigeren Lösung beobachten als wenn man das Prisma in Luft läßt. Ich will einige Beispiele anführen.

Fuchsin. — Man nehme ein Spectroskop, entferne daraus das gewöhnliche Prisma und ersetze es durch ein Hohlprisma, gefüllt mit einer concentrirten alkoholischen Lösung von Fuchsin. Operirt man mit einem intensiven Lichtbündel, das sehr nahe an der Kante des Prisma einfällt, so gelingt es das umgekehrte Spectrum ohne Anwendung des erwähnten Troges zu sehen, d. h. mit dem in der Luft gelassenen Prisma. — Mit einer wenig concentrirten Fuchsinlösung ist das Spectrum normal, d. h. das Roth weniger abgelenkt als das Violett. — Mit einer Lösung von intermediärer Concentration reducirt sich das Spectrum fast auf einen einzigen hellen, roth gefärbten Streifen; in diesem Fall ist die durch das Fuchsin erzeugte umgekehrte Dispersion fast genau compensirt durch die entgegengesetzte Dispersion, welche der als Lösemittel dienende Alkohol hervorbringt; man hat Ablenkung ohne Dispersion.

Versetzen wir nun das mit dieser letzten Lösung gefüllte Prisma in den Trog voll Alkohol, so wird die allgemeine Ablenkung der Strahlen fast vollständig aufgehoben, aber die anomale Dispersion des Fuchsins bleibt: Das Roth ist mehr abgelenkt als das Violett. Es ist nicht mehr nöthig ein so intensives Licht anzuwenden, oder das Licht nahe an der Kante des Prismas einfallen zu lassen.

Als ich die Ablenkungswinkel für diese Lösung maß, fand ich, wann das Prisma sich in der Luft befand, die Ablenkung des rothen Streifens etwa $11^\circ 30'$; war es aber in Alkohol, so war das Violett kaum abgelenkt, das Roth $15'$ und das Orangegelb $23'$. Mit einer viel weniger concentrirten Fuchsinlösung war die Ablenkung des Violett auch

noch fast unmerklich, die des Roth 6' und die des Orange-gelb 16'.

Mithin haben die Fuchsinlösungen für die violetten Strahlen fast denselben Brechungsindex wie der Alkohol, für die rothen aber einen stärkeren.

Anilinviolett (Parme). — Mit einer wässrigen Lösung dieser Substanz und dem in Luft befindlichen Prisma erhielt ich ein normales Spectrum, worin alle Farben sichtbar waren, die Ablenkung des Roth $10^{\circ} 24'$ und die des Violett $10^{\circ} 43'$ betrug. Wurde das Prisma in den mit Wasser gefüllten Trog gebracht, so reducirte sich das Spectrum auf zwei Streifen, einen blauen und einen carminrothen, die einander übergriffen, wenn die Spalte des Spectroskops nicht sehr schmal war. Bei Anwendung von Sonnenlicht unterschied man überdies eine Spur von Grün am Ende des Spectrums auf Seite des blauen Streifens. Die Ablenkung des Blaus betrug 1', die des Roth 4'.

Uebersäures Kali. — Gefüllt mit einer Lösung von übermangansäurem Kali gab das in Luft befindliche Prisma ein normales Spectrum, worin das Roth $10^{\circ} 33'$ und das Violett $10^{\circ} 53'$ abgelenkt war. In Wasser gebracht gab das Prisma für Violett die Ablenkung 6', für Roth 9' und für Gelb 12'.

Aus diesen Zahlen ersieht man, wie der Zusatz von Substanzen anomaler Dispersion das Dispersionsvermögen des Lösemittels verringert, ohne den mittleren Refraktionsindex viel zu verändern. Verstärkt man fortgehend die Concentration der Lösung, so wird das Dispersionsvermögen erst Null, dann negativ.

Der Versuch mit dem vom Lösemittel umgebenen Prisma hat für die zuletzt erwähnten Substanzen mehr Interesse als für das Fuchsin; denn Anilinviolett und übermangansäures Kali müssen äußerst concentrirte Lösungen bilden, wenn sie mit dem in Luft befindlichen Prisma das umgekehrte Spectrum geben sollen. Die Beobachtung wird dann weit schwieriger als beim Fuchsin.

XVII. *Ueber chromsaures Chromoxychlorid;*
von Emil Zettnow.

Uebergießt man chlorchromsaures Kali in einer Retorte mit Schwefelsäure von 1,84 specifischem Gewichte, so mischt sich dieselbe mit dem Salze ohne bedeutende Wärmeentwicklung, und beim Erhitzen erhält man neben Chlorchromsäureanhydrid

$[K^2Cr^2O^6Cl^2 + 2H^2SO^4 + KHSO^4 + H^2O + CrO^3 + CrO^2Cl^2]$
alsbald an den Wandungen und im Halse der Retorte dunkelbraune, dickflüssige Tropfen, welche sich mit dem Chlorchromsäureanhydrid nicht mischen und allmählig in die Vorlage gelangen. Je nach ihrem Wassergehalt schwimmt diese Verbindung entweder auf dem Chlorchromsäureanhydrid oder sinkt in ihm unter. Ferner erhält man Chlor und in der Retorte bleibt aufser dem doppeltchwefelsauren Kali und der Chromsäure noch in Wasser lösliches Chromoxydsalz.

Zur Reindarstellung der braunen Verbindung wurden folgende Versuche angestellt.

A) 250,0 chlorchromsaures Kali wurden mit 100 CC. rauchender Schwefelsäure von 1,888 spec. Gewicht übergossen und im Chlorcalciumbade $1\frac{1}{2}$ Stunden lang erhitzt, bis schliesslich das Wasser des Chlorcalciumbades verdampft und festes Chlorcalcium entstanden war. Hierauf wurde eine Retorte über freiem Feuer bei untergelegtem Drahtnetz stärker erhitzt, bis die orangefarbenen Dämpfe des Chlorchromsäureanhydrids und die braune Verbindung nicht mehr überdestillirten. Statt derselben condensirte sich eine schwach gelb gefärbte Flüssigkeit im Retortenhalse, welche aus Wasser und Chromsäure bestand, letztere wahrscheinlich von den Wandungen der Retorte herrührend. Bei noch längerem Erhitzen entwickelte sich unter Schäumen Sauerstoffgas, so dass ein glimmender Span im Retortenhalse mit heller Flamme brannte.

Das Destillat, aus Chlorchromsäureanhydrid und der braunen Verbindung bestehend, betrug etwa 55,0 und wurde weiter behandelt, wie unten näher beschrieben wird; das schliesslich erhaltene Präparat bekam die Bezeichnung *A* und wog etwa 10,0.

B) 250,0 chlorchromsaures Kali wurden mit 100 CC. Schwefelsäure von 1,84 spec. Gewicht über freiem Feuer destillirt, wobei nach einer Viertelstunde sich plötzlich unter Schäumen Chlor entwickelte; durch Zusatz von 100 CC. Schwefelsäure hörte diese Entwicklung sogleich auf und es destillirte wieder Chlorchromsäureanhydrid über nebst der braunen Verbindung; bis nach einer halben Stunde die orangefarbenen Dämpfe verschwanden. Der Inhalt der Vorlage wog 35,0 und das aus ihm dargestellte mit *B* bezeichnete Präparat etwa 8,0.

C) Um zu sehen, ob ein Zusatz von Chromchlorid auf die Bildung der braunen Verbindung Einfluss habe, wurden 250,0 chlorchromsaures Kali mit 18,0 fast trocknem, aus Chromoxydhydrat und Salzsäure durch Abdampfen erhaltenem Chromchlorid gemengt und mit 150 CC. Schwefelsäure von 1,84 spec. Gewicht der Destillation unterworfen. Dieselbe ging sehr ruhig von Statten. Nach 40 Minuten verschwanden die orangefarbenen Dämpfe und die Flüssigkeit schäumte ein wenig; ein Zusatz von 50 CC. Schwefelsäure entwickelte keine rothen Dämpfe mehr. Die Ausbeute betrug etwa 60,0 und das braune mit *C* bezeichnete Präparat wog 15,0.

Um die braune Verbindung von dem Chlorchromsäureanhydrid zu trennen, wurde das letztere von der ersteren möglichst abgegossen und durch Einstellen des Gefäßes in ein Wasserbad und Durchleiten von getrockneter Luft das Chlorchromsäureanhydrid nach Möglichkeit entfernt; dieser Weg erwies sich practischer, als eine Destillation, da bei derselben leicht die am Boden der Retorte befindliche braune Verbindung theilweise zersetzt wird und ein anderer Theil mit dem Chlorchromsäureanhydrid überdestillirt. Die an den Wänden des geräumigen

Gefäßes ausgebreitete schmierige, braune Masse wurde durch Zusatz von etwas Wasser verflüssigt und diese wäßrige Lösung, welche beim Erhitzen Chlor entwickelt, über Schwefelsäure bei gewöhnlicher Temperatur concentrirt; nachdem die Präparate drei Wochen lang auf diese Weise getrocknet waren, bildeten sie einen dickflüssigen Syrup; läßt man diesen, sehr dünn ausgebreitet, noch ferner 3 bis 4 Wochen über der Schwefelsäure stehen, so erhält man eine schwarzbraune, spröde, amorphe Masse, welche äußerst hygroskopisch ist.

Die Verbindung erwies sich bei specieller Prüfung völlig frei von Kalium, Natrium, Schwefelsäure und den Oxydationsstufen des Stickstoffs; sie liefs nur die Gegenwart von Chromchlorid und Chromsäure erkennen. Beim langsamen Erhitzen im Luftbade bläht sie sich auf, riecht nach Chlor und hinterläßt, bei 160° bis 170° getrocknet, einen schwarzbraunen, sehr spröden Rückstand, welcher in Wasser und Salzsäure sich beim Kochen nur langsam und theilweise löst; schneller mit gelber Farbe und ebenfalls nur theilweise in Natronlauge. Nimmt man das Erhitzen in einer knieförmig gebogenen Röhre vor, so sieht man, wie zuerst Salzsäure, dann Chlor und schliesslich orangefarbene Dämpfe von Chlorchromsäureanhydrid entweichen, welche sich mit dem condensirten Wasser zu Salzsäure und Chromsäure umsetzen: es ist also unmöglich den Wassergehalt der Substanz direct oder durch den Versuch beim Trocknen zu bestimmen. Erhitzt man die Verbindung auf Platinblech zum Glühen, so bleibt dunkles Chromoxyd zurück. Die Verbindung ist also beim Erhitzen für sich nicht, jedoch im Dampf von Chlorchromsäureanhydrid flüchtig.

Die Analyse der Verbindung geschah in folgender Weise: Sämmtliche Proben eines Probepreparates wurden gewöhnlich 3 bis 4 hintereinander innerhalb $\frac{1}{4}$ Stunde abgewogen, um sicher zu seyn, daß keine Aenderung im Wassergehalt die Resultate beeinflusse; es wurde der Gesamtchromgehalt durch Glühen mit Salmiak ermittelt; die Menge der Chromsäure durch Ausfällen mit salpetersaurem Quecksilberoxy-

dul und das Chlor nach Zersetzung des Chromchlorids durch Ammoniak mittelst Titrirung bestimmt.

Präparat A.

1) 1,332 in einem Platintiegel abgewogen, mit 4 bis 5 Tropfen Wasser etwas verflüssigt, dann mit soviel Salmiak gemengt, daß die Flüssigkeit sich nicht bis an die Oberfläche des Salmiaks emporzog, langsam ausgetrocknet, geglüht, mit etwas frischem Salmiak gemengt und bis zur Gewichtsconstanz geglüht, lieferten 0,7185 Chromoxyd = 0,492605 metallisches Chrom = 36,99 Proc. Cr.

2) 1,004, wie bei 1 behandelt, ergaben 0,5455 Chromoxyd = 0,373237 = 37,17 Proc. Cr.

Mittel = 37,08 Proc. Cr.

3) 1,395 wurden zu 200 CC. gelöst.

a) 50 CC. dieser Lösung = 0,34875 Substanz wurden mit etwas überschüssigem Ammoniak versetzt und hierauf so lange erhitzt, bis alles Ammoniak völlig verjagt war; der grüne Niederschlag wurde durch das Erhitzen bräunlich und erwies sich nach dem Abfiltriren und Auswaschen frei von Chlor. Das Filtrat erforderte zum Ausfällen des Chlors 17,9 CC. $\frac{1}{10}$ Silberlösung.

b) 40 CC. der Lösung, ebenso behandelt, gebrauchten 14,5 CC. Silberlösung; oder 50 CC. erfordern hiernach 18,1 CC. Silberlösungen; im Mittel aus a und b also 18,0 CC. = 0,063828 = 18,32 Proc. Cl.

c) 100 CC. = 0,6975 Substanz wurde mit überschüssigem Quecksilberoxydul gefällt, das ziegelrothe chromsaure Quecksilberoxydul abfiltrirt, mit etwas verdünnter Lösung des Quecksilbersalzes gewaschen, getrocknet, geglüht; man erhielt 0,253 Chromoxyd = 0,3329 Chromsäure = 47,72 Proc. CrO_3 = 0,173105 Cr = 24,68 Proc. Cr.

Präparat B.

1) 2,3845 Substanz ergaben mit Salmiak geglüht 1,240 Cr_2O_3 = 0,848421 Cr = 35,58 Proc.

2) 1,286 ebenso behandelt, lieferten $0,661 \text{ Cr}^2\text{O}^3 = 0,452263 \text{ Cr} = 35,17 \text{ Proc.}$

Mittel = 35,37 Proc. Cr.

3) 3,906 wurden zu 500 CC. gelöst.

a) 50 CC. erforderten 19,5 CC. $\frac{1}{10}$ Silberlösung

b) 50 " " 19,7 " " "

100 CC. " 39,2 CC. " "

0,7812 enthalten also $0,13916 \text{ Cl} = 17,81 \text{ Proc. Cl.}$

c) 150 CC. = 1,1718 Substanz lieferten durch Fällung mittelst Quecksilberlösung

$0,414 \text{ Cr}^2\text{O}^3 = 0,544737 \text{ CrO}^3 = 46,5 \text{ Proc. CrO}^3$
 $= 0,28326 \text{ Cr} = 24,17 \text{ Proc. Cr.}$

Präparat C.

1) 1,4185 Substanz mit Salmiak gegläht, ergaben $0,720 \text{ Cr}^2\text{O}^3 = 0,49263 \text{ Cr} = 34,73 \text{ Proc.}$

2) 1,367 ebenso behandelt, lieferten $0,688 \text{ Cr}^2\text{O}^3 = 0,470737 \text{ Cr} = 34,44 \text{ Proc.}$

Mittel = 34,58 Proc. Cr.

3) 4,7505 wurden zu 500 CC. gelöst.

a) Es verbrauchten

50 CC. = 27,9 CC. $\frac{1}{10}$ Silberlösung

100 CC. = 55,4 " " "

150 CC. = 83,3 CC. " "

1,42515 enthalten also $0,295715 \text{ Cl} = 20,75 \text{ Proc.}$

b) 200 CC. = 1,9002 Substanz lieferten durch Ausfällung mit Quecksilberlösung

$0,613 \text{ Cr}^2\text{O}^3 = 0,417573 \text{ Cr} = 21,98 \text{ Proc. Cr}$
 $= 0,806579 \text{ CrO}^3 = 42,45 \text{ Proc. CrO}^3.$

c) 100 CC. = 0,950 Substanz, ebenso wie bei b behandelt, ergaben

$0,307 \text{ Cr}^2\text{O}^3 = 0,21005 \text{ Cr} = 22,10 \text{ Proc. Cr}$
 $= 0,40395 \text{ CrO}^3 = 42,51 \text{ CrO}^3$

Mittel = 42,48 Proc. CrO^3 und 22,04 Cr.

Stellen wir die Resultate übersichtlich zusammen, so ergibt sich:

	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>
Gesammtchromgehalt	37,08	35,37	34,58
Chlor	18,32	17,81	20,75
Chromsäure	47,72	46,50	42,48.

Ziehen wir die Menge des in der Chromsäure enthaltenen Chroms von dem Gesamtchromgehalt ab, so ergibt sich als Summe der durch die Analyse gefundenen Gewichtsmengen:

	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>
Chrom	12,40	11,20	12,54
Chlor	18,32	17,81	20,75
Chromsäure	47,72	46,50	42,48
	78,44	75,51	75,77.

Da das Chlor wohl nicht anders, als mit Chrom zu Chromchlorid CrCl_3 verbunden, angenommen werden kann, so ergibt sich durch Berechnung, daß das Chlor nicht in ausreichender Menge vorhanden ist, um alles Chrom zu Chromchlorid zu binden; es bleibt ein Ueberschuß von metallischem Chrom, welcher in der Verbindung offenbar mit Sauerstoff zu Chromoxyd verbunden ist, welches letztere von der Chromsäure in Auflösung gehalten wird. Es erfordern nämlich:

A) 18,32 Chlor nur 8,94 Chrom und bilden 27,26 Chromchlorid, so daß also 3,46 Chrom übrig bleiben, welche mit 1,60 Sauerstoff 5,06 Chromoxyd bilden.

B) 17,81 Chlor nur 8,7 Chrom und bilden 26,51 Chromchlorid; die übrig bleibenden 2,5 Chrom erfordern 1,15 Sauerstoff, um 3,65 Chromoxyd zu bilden.

C) 20,75 Chlor nur 10,13 Chrom und bilden 30,88 Chromchlorid; die restirenden 2,41 Chrom bilden mit 1,11 Sauerstoff 3,52 Chromoxyd. Nach dieser Berechnungsweise und unter der Annahme, daß der noch fehlende Rest Wasser sey, ergibt sich:

	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>
Chromsäure	47,72	46,50	42,48
Chromchlorid	27,26	26,51	30,88
Chromoxyd	5,06	3,65	3,52
	80,04	76,66	76,88
Wasser	19,96	23,34	23,12.

Berechnet man ferner, um die drei Präparate unter gleichen Verhältnissen zu betrachten, die Zusammensetzung auf die wasserfreie Substanz, so erhält man:

	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>
Chromsäure	59,62	60,66	55,26
Chromchlorid	34,06	34,58	40,16
Chromoxyd	6,32	4,76	4,58

oder

	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>
Chromsäure	59,62	60,66	55,26
Chrom	16,07	14,60	16,25
Chlor	22,31	23,24	26,98
Sauerstoff	2,00	1,50	1,51

Die Verbindung ist also ein chromsaures Chromoxychlorid von etwas wechselnder Zusammensetzung; falls Wasser für die Constitution der Verbindung nicht notwendig wäre, würden die Präparate *A* und *B* etwa der Formel $\text{Cr}^2\text{Cl}^4\text{O} + 4\text{CrO}^3$ entsprechen, welche

60,42 Chromsäure,	15,71 Chrom
21,45 Chlor und	2,42 Sauerstoff

erfordert; während dem Präparat *C*, welches weniger Chromsäure, dagegen mehr Chlor enthält, etwa die Formel $\text{Cr}^{12}\text{Cl}^{30}\text{O}^3 + 22\text{CrO}^3$ zukommen könnte; dieselbe erfordert:

55,88 Chromsäure,	15,85 Chrom
27,05 Chlor und	1,22 Sauerstoff.

Berlin d. 18. März 1871.

XVIII. Ueber die Farben dicker (doppelt brechender) Platten; von H. W. Dove.

(Aus d. Monatsberich. der Akad. Apr. 1871.)

Die Darstellungsweise der von Newton entdeckten und von ihm im 4. Theil des zweiten Buches seiner Optik unter dem Namen *colores laminarum crassarum, pellucentium et politarum* beschriebenen Farben dicker Platten wurde zuerst vom Herzog von Chaulnes (*Mém. de l'Acad. de Paris* 1758 p. 130), dann von Pouillet 1816 (*Elémens de physique II* p. 263 3. Aufl.) modificirt, aber erst von Brewster 1817 (*Edinb. Trans.* 12 p. 191) auf die einfachste Form zurückgeführt, indem er für den Hohlspiegel zwei ebene Glasplatten genau gleicher Dicke substituirt, wo der Reflex des Lichtes von der Vorder- und Hinterfläche beider den Gangunterschied der interferirenden Strahlen hervorruft. Diese Darstellungsweise ist bei neueren theoretischen optischen Arbeiten mit grossem Erfolge angewendet worden. Um das störende Uebereinandergreifen der vier Bilder zu vermeiden, fällt das Licht durch eine enge Oeffnung ein.

Es war mir daher auffallend, als ich fand, dafs selbst bei Vermeidung dieser Vorsichtsmafsregel die Interferenzstreifen in grosfer Deutlichkeit hervortreten. Der hier vorliegende Apparat zeigt dies. Auf der innern Seite des Bodens und des Deckels einer aus zwei auf einander drehbaren Theilen bestehenden cylindrischen Büchse von 44^{mm} Durchmesser und 18^{mm} Höhe sind zwei gegen die Grundfläche gleichgeneigte unbelegte Spiegel gleicher Dicke, also aus derselben Platte geschnitten, befestigt, in einer Entfernung von einander, dafs bei paralleler Stellung die Grundflächen des durch die beiden Spiegel und die Oeffnung im Deckel und Boden gebildeten Rhomboëders 20^{mm} lang und 10^{mm} breit ist. Blickt man durch diese dicht vor das Auge gehaltene Vorrichtung nach dem Himmel, und dreht nun

die beiden Fassungen der Spiegel um einander, so werden die vorher parallelen Spiegel einen allmählig zunehmenden Winkel mit einander bilden. Die bei einem kleinen Winkel hervortretenden breiten Interferenzstreifen, neun auf jeder Seite der weissen Mitte, lassen sich so weit übersehen, dass ihre allmähliche Krümmung deutlich hervortritt. Beleuchtet man das Spiegelsystem mit einer homogenen gelben im Brennpunkt einer grossen convexen Beleuchtungslinse aufgestellten Lampe, so zählt man leicht 70 gleichweit von einander abstehende dunkle Interferenzstreifen. Das Schmälerwerden der Streifen tritt bei weiterer Drehung vor dem Verschwinden sehr deutlich hervor.

Da die bei Anwendung einer hell beleuchteten Spalte auf zwei der vier Bilder sehr lebhaft hervortretenden Interferenzfarben auch bei einer weiten Oeffnung also nicht verschwinden, so erregte dies in mir die Hoffnung, dass bei den doppelt brechenden Platten, welche, soviel mir bekannt ist, noch nicht geprüft worden sind, wo man im Allgemeinen mit 8 Bildern zu thun hat, es ebenfalls gelingen werde, sie hervortreten zu sehen. Dies gelang auch mit Bergkrystallspiegeln, die aus einer der Axe parallelen Platte geschnitten waren; ich habe sie aber bei zwei den Rhomboëderflächen parallelen Kalkspathplatten auf ähnliche Weise durch Theilung einer Platte nicht erhalten. Bei den Bergkrystallplatten zeigten sich die Interferenzstreifen unter verschiedenen Neigungen der Axen gegeneinander, wovon man sich durch Drehung der einen Platte in ihrer Ebene überzeugen kann. Für doppelt brechende Platten ist die Anwendung einer Spalte für das einfallende Licht zweckmässig; aber selbst bei einer weiten Oeffnung treten die Interferenzstreifen hervor.